This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

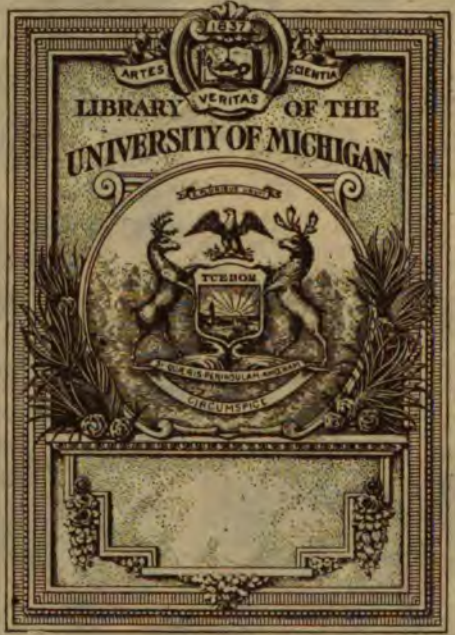
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

B 454181

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

CHEM. LIBRARY
TN
703
.B393
1891

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IN TECHNISCHER UND

KULTURGESCHICHTLICHER BEZIEHUNG

VIERTE ABTEILUNG

DAS XIX. JAHRHUNDERT

VON 1801 BIS 1860

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IN TECHNISCHER UND

KULTURGESCHICHTLICHER BEZIEHUNG

VON

DR. LUDWIG BECK

VIERTE ABTEILUNG

DAS XIX. JAHRHUNDERT

VON 1801 BIS 1860

MIT EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1899

Digitized by Google

Alle Rechte, namentlich dasjenige der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Digitized by Google

VORWORT.

Die vierte Abteilung der Geschichte des Eisens könnte wie die dritte eines Vorworts entbehren, da in dem zum zweiten Bande bereits alles enthalten ist, was zum Verständnis der Gliederung und Einteilung gehört. Dennoch erscheinen einige kurze Vorbemerkungen angezeigt.

Das neunzehnte Jahrhundert bietet der technisch-geschichtlichen Bearbeitung eine überwältigende Fülle des Stoffes, sowohl durch die mit jedem Jahrzehnt mehr und mehr anschwellende Litteratur, als durch die grofse Zahl der Fortschritte auf allen einschlägigen Gebieten. Es war deshalb auch nicht möglich, die Geschichte des Eisens im neunzehnten Jahrhundert in einem Bande zu erledigen, sie mufste auf zwei verteilt werden. Der vorliegende vierte Band behandelt die Zeit bis 1860, während der folgende Schlufsband die neueste Zeit seit dem Jahre 1860 schildern wird. Der besseren Übersicht wegen wurde die Zeit bis 1860 wieder in kleinere Zeitabschnitte zerlegt. Der erste von 1801 bis 1815 umfafst die Zeit der Beunruhigung Europas durch Napoleon, der zweite von 1816 bis 1830 die Zeit des Aufschwunges der Eisenindustrie, an deren Ausgang zwei wichtige Neuerungen, die Winderhitzung beim Schmelzbetrieb und die erfolgreiche Einführung der Eisenbahnen stehen. Beide haben die Erzeugung und den Bedarf des Eisens in ungeahntem Mafse gesteigert. Dies kommt in der folgenden Periode, die wieder der besseren Übersicht

Digitized by Google

wegen in die Zeit von 1831 bis 1850 und die von 1851 bis 1860 geteilt ist, zum Ausdruck. Innerhalb der einzelnen Zeitabschnitte herrscht die in den beiden vorhergehenden Bänden schon festgehaltene Zweiteilung in einen allgemeinen Teil, der die Fortschritte und Erfindungen behandelt, und in einen besonderen, der die Lokalgeschichte schildert.

Die ganze Zeit des neunzehnten Jahrhunderts bis zum Jahre 1860 stellt sich in ihrem Hauptinhalte als die des siegreichen Kampfes des Steinkohlenbetriebes gegen den Holzkohlenbetrieb dar; bei der Schmiedeeisenbereitung insbesondere als des Sieges des Flammofenbetriebes über den Herdbetrieb, des Puddeleisens über das Frischeisen. Diese Fortschritte erscheinen als glänzende Errungenschaften in der Geschichte der Eisenindustrie. Am Schlufs der Periode taucht aber ein neues Licht auf, noch klein und flackernd, das bestimmt war, nicht nur die alten, sondern auch die siegreichen neuen Verfahrungsweisen zu überstrahlen und in den Schatten zu stellen: die Erfindung des Windfrischens durch Henry Bessemer. Der folgende Band wird sich hauptsächlich mit dem Siegeslaufe dieses Verfahrens zu beschäftigen haben.

Die Zeit bis 1860 war die wichtige Vorbereitungszeit für die jetzige grofsartige Entwickelung der Eisenindustrie, ohne welche diese nicht möglich gewesen und ohne deren Kenntnis sie nicht verständlich wäre. Der vorliegende Band bildet deshalb einen sehr wichtigen Abschnitt der Geschichte des Eisens. Möge seine Darstellung den Beifall der geehrten Leser finden.

Rheinhütte-Biebrich, im Jahre 1899.

Dr. L. Beck.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNIS.

Die Geschichte des Eisens im 19. Jahrhundert.

Die Zeit von 1801 bis 1815.

Seite

Allgemeiner Teil.

Einleitung . . . . . 3—9

Litteratur . . . . . 9—20

Chemie . . . . . 20—47

Technische Fortschritte . . . . . 47—153

Schlackenbildung 47—50. Rösten und Schmelzen 50—52. Das Brennmaterial 52—62. Verbrennung und Windzuführung 62 bis 75. Hochöfen 75—91. Eisengiefserei 92—110. Stabeisenbereitung 110—128. Stahlbereitung 128—136. Die Verwendung von Stahl und Eisen 136—142. Dampfmaschinen und Dampfschiffe 142—149. Werkzeugmaschinen 149—153.

Besonderer Teil.

Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern von 1801 bis 1815 . . . . . 154—200

England 154—164. Frankreich 165—172. Österreich-Ungarn 173 bis 175. Preufsen 175—186. Sonstige deutsche Staaten 186, 187. Schweden 187—190. Rufsland 190—192. Vereinigte Staaten von Nordamerika 193—200.

Die Zeit von 1816 bis 1830.

Allgemeiner Teil

Einleitung . . . . . 201—204

Litteratur . . . . . 204—205

Wissenschaftliche und technische Fortschritte.

Lehranstalten 205, 206. Physik des Eisens 206—217. Chemie 217 bis 225. Das Brennmaterial 225—231. Gebläse 231—234. Die Roheisendarstellung 234—241. Eisengiefserei 241—249. Eisenfrischen 249—254. Eisenpuddeln 254—259. Eisenverarbeitung 259—270. Der Puddelprozefs (Fortsetzung) 271—273. Draht-

Digitized by Google

Seite

fabrikation 273—275. Weifsblechfabrikation 275. Eisenwarenfabrikation 276—278. Stahlbereitung 278—285. Die Eisenbahnen bis 1830 285—307. Eiserne Brücken 307—310. Erfindung der Winderhitzung beim Hochofenbetrieb 310—316.

Besonderer Teil.

Die Fortschritte der Eisenindustrie in den einzelnen Ländern von 1816 bis 1830 . . . . . 317—380

England 317—327. Frankreich 327—336. Belgien 336—344. Deutschland 344—366. Österreich 366—368. Schweden 368 bis 371. Rufsland 371—373. Vereinigte Staaten 373—380.

Die Zeit von 1831 bis 1850.

Allgemeiner Teil.

Einleitung 381

Litteratur . . . . . 381—389

Wissenschaftliche und technische Fortschritte.

Fachschulen u. Vereine 389—392. Ausstellungen 392—393. Physik des Eisens 393—399. Chemie des Eisens 399—407. Die Winderhitzung 408—431. Wirkung des heifsen Windes 431—434. Gichtgase als Brennmaterial 434—437. Chemische Untersuchung der Hochofengase 437—449. Der Hochofenprozefs 450 bis 455. Gasfeuerung 455—457. Generatorgas 458—464. Brennmaterialienlehre 464—467. Brennstoff und Hochofen 467—487. Winderzeugung und Windführung 487—498. Die Wirkung des heifsen Windes im Hochofen 498—502.

Der Hochofenbetrieb: Die Vorbereitung der Erze 502—505. Der Hochofenbau 505—507. Hochofenbetrieb 507—528.

Die Eisengiefserei . . . . . 529—541

Schweifseisenerzeugung: Direkte Darstellung 541—544. Die Eisenbahnen 1831 bis 1850 544—551. Das Frischen 551—559. Das Puddeln 559—587. Die Formgebung 587—637. Maschinenfabrikation 638—643. Stahlfabrikation 643—651.

Besonderer Teil.

Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern von 1831 bis 1850 . . . . . 652—773

Grofsbritannien 652—665. Frankreich 665—679. Belgien 679 bis 689. Deutschland 689—697. Preufsen 697—716. Aufserpreufsische deutsche Staaten 716—730. Deutscher Zollverein 730—732. Österreich-Ungarn 732—747. Schweiz, Italien, Spanien und Portugal 747—749. Skandinavien 750—752. Rufsland 752—754. Eisenstatistik Europas von 1831—1850 754 bis 756. Vereinigte Staaten von Nordamerika 757—773.

Die Zeit von 1851 bis 1860.

Allgemeiner Teil.

Einleitung 774

Wissenschaftliche und technische Fortschritte.

Die erste Weltausstellung 774—786. Litteratur 787—790. Lehranstalten 790, 791. Chemie 791—799. Physik 799—800. Beschickung und Schlacke 800—803. Brennmaterialien 803—815.

Digitized by Google

Seite

Gebläse und Winderhitzer 815—821. Die Hochöfen 821—841. Eisengiefserei 841 — 849. Schmiedeeisenbereitung 850 — 865. Mechanische Bearbeitung 865—882. Stahlbereitung 882—901. Henry Bessemer und seine Erfindung des Windfrischens (Bessemerprozefs) 901—943. Cement- u. Gufsstahlfabrikation 943—952.

Besonderer Teil.

Die Eisenindustrie der einzelnen Länder von 1851 bis 1860 . . . . . 953—1011

Allgemeines 953 — 956. Grofsbritannien 956—965. Die Vereinigten Staaten 965—970. Frankreich 970—974. Belgien 974 — 980. Deutscher Zollverein. Allgemeines 980 — 982. Preufsen 982—997. Die aufserpreufsischen Zollvereinsstaaten 997—1000. Österreich-Ungarn 1000—1005. Schweden 1006 bis 1008. Rufsland 1008—1010. Spanien 1010. Andere Länder 1010—1011.

Register . . . . . 1013—1036

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE

GESCHICHTE DES EISENS

IM

NEUNZEHNTEN JAHRHUNDERT.

Digitized by Google

Digitized by Google

DIE GESCHICHTE DES EISENS

IM

NEUNZEHNTEN JAHRHUNDERT.

ALLGEMEINER TEIL.

Einleitung.

Mit dem Jahre 1801 treten wir in das 19. Jahrhundert ein, an dessen Schluſs wir jetzt stehen und das man mit Recht oft das eiserne genannt hat.

In ihm hat die Kunst der Eisengewinnung und -Verarbeitung eine ungeahnte Höhe, der Eisenverbrauch bei den fortgeschrittenen Kulturvölkern einen Umfang erreicht, den man zu Anfang des Jahrhunderts nicht vermuten konnte. Und doch sprach schon damals der berühmte französische Chemiker und Unterrichtsminister Fourcroy die Worte aus, die für das ganze Jahrhundert charakteristisch geblieben sind: „l'art de fer, dans ses divers degrés de perfectionnement, marque exactement le progrès de toute civilisation.“ In der That, die Fortschritte der Eisenbereitung sind mit den Fortschritten der modernen Kultur so innig verknüpft, daſs der Eisenverbrauch, im Jahre auf den Kopf der Bevölkerung angeschlagen, den besten Maſsstab für die Industrie, den Wohlstand und die Macht der Völker giebt.

Überblicken wir nun das eiserne Jahrhundert, so zerfällt es in zwei Abschnitte: der erste ist charakterisiert durch den Kampf und den Sieg des Steinkohlenbetriebes gegenüber dem Holzkohlenbetrieb, der zweite durch den Kampf und Sieg des Flufseisens gegenüber dem Schweifseisen; im ersten herrscht das Eisen, im zweiten der Stahl. Den Ausgangspunkt des zweiten Abschnittes bildet die glorreiche Erfindung des Windfrischens durch Henry Bessemer, des nach ihm benannten Bessemerprozesses, im Jahre 1856. Von

Digitized by Google

da an beginnt die neueste Zeit, das Zeitalter des Stahls, in dem wir heute stehen und in dem sich die Eisenindustrie zu staunenerregender Grofsartigkeit entwickelt hat.

Wenn die geschichtliche Darstellung der Entwickelung der Eisenindustrie im 19. Jahrhundert nur einigermafsen an Gründlichkeit der der früheren Jahrhunderte entsprechen sollte, so erwies es sich bei der Fülle der Thatsachen und der reichen Litteratur als unmöglich, dies in einem Bande zu bewältigen. Es war unumgänglich, den Stoff in zwei Teile zu zerlegen, und da wir der Übersichtlichkeit wegen die Einteilung in gewisse kurze Zeitabschnitte zu Grunde gelegt haben, so haben wir auch die Teilung des Jahrhunderts nach demselben chronistischen Grundsatz vorgenommen, und für den ersten Teil die erste Hälfte von 1801 bis 1850, für den zweiten Teil die Zeit von 1851 bis zur Gegenwart gewählt. Ist doch auch die schon vorher zum Einteilungsprincip genommene Scheidung nach Jahrhunderten keine sachliche, sondern eine willkürlich zeitliche, die aber ebenfalls den Vorzug der Übersichtlichkeit hat. Der Schlufs des Jahres 1800, mit dem das 19. Jahrhundert seinen Anfang nahm, zeigt uns weder in der politischen noch in der technischen Entwickelung einen naturgemäfsen Abschnitt, vielmehr den innigsten Zusammenhang der Ereignisse vor- und nachher. Die Geschichte des Eisens des 19. Jahrhunderts steht ganz auf den Schultern des 18. Jahrhunderts. In diesem war nach drei Richtungen hin die Grundlage für die weitere Entwickelung gelegt, erstens durch die Verwendung der Steinkohlen sowohl zum Schmelzen des Eisens aus den Erzen, wie zum Frischen des Roheisens, zweitens durch die Erfindung der Dampfmaschine von James Watt und drittens durch die Begründung der metallurgischen Wissenschaft, besonders durch die grofsen Fortschritte der Chemie. Auf diesem dreifachen Wege ist die moderne Eisenhüttenkunde vorangeschritten. Der Kampf zwischen Steinkohle und Holz zieht sich durch das ganze Jahrhundert durch, obgleich der Sieg der ersteren auch auf dem Kontinent von Europa und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika schon um die Mitte des Jahrhunderts entschieden war. Die Benutzung der Dampfkraft, die Verwendung der Dampfmaschine zu den mannigfaltigsten Arbeiten war für die Fortschritte auf mechanischem Gebiete mafsgebend, sie wurde fast der einzige Motor für gröfsere Kraftleistungen, und in dieser Beziehung läfst sich das 19. Jahrhundert auch als das Jahrhundert der Dampfmaschine bezeichnen. Ob diese Bezeichnung für das nächste Jahrhundert noch Geltung behalten wird, erscheint bei den grossen Fortschritten der Elektromotoren zweifelhaft.

Digitized by Google

Das allergrößte Verdienst um die Entwickelung der Eisenindustrie haben sich aber die Naturwissenschaften, insbesondere Physik und Chemie, erworben. Namentlich hat die Chemie durch die wissenschaftliche Erklärung und Begründung der metallurgischen Prozesse die Eisenindustrie in wunderbarer Weise auf der Bahn des Fortschrittes gefördert.

Wenden wir uns nun zu der Geschichte des Eisens in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, welche in dem vorliegenden Bande behandelt werden soll, so tritt uns auch hier die Entwickelung der Eisenindustrie in der dreifachen, oben bezeichneten Richtung als maßgebend entgegen.

In England war der Sieg der Steinkohle über die Holzkohle zu Anfang des Jahrhunderts bereits endgültig entschieden, und England eroberte sich durch seine Steinkohlenindustrie den Weltmarkt. In allen anderen Ländern herrschte noch die Holzkohlenindustrie und nur in der Provinz Ober-Schlesien in Preußen war es durch die Intelligenz hervorragender Männer, ganz besonders des Ministers Graf von Reden, gelungen, der Roheisenerzeugung mit Koks zu dauerndem Sieg zu verhelfen. Die mannigfaltigen sonstigen Versuche, namentlich auch die zu Creusot (le Creuzot) in Frankreich, hatten einen durchschlagenden Erfolg nicht gehabt. Die Kriegsunruhen, in welche Europa durch den Ehrgeiz Napoleons I. gestürzt wurde, hinderten den natürlichen Fortschritt und erst mehrere Jahre nach dem Wiener Frieden fing man in Frankreich und Belgien an, Versuche zur Eisenbereitung mit Steinkohlen nach englischem Muster zu machen. Erfolgreich erwiesen diese sich zuerst bei dem Steinkohlenfrischen, dem Puddelprozeß, der dann auch allmählich in Belgien, Frankreich und in Deutschland am Rhein und in Saarbrücken Boden faßte und sich ausbreitete. Hand in Hand damit ging die Einführung des Walzwerkbetriebes mit Dampfmaschinen. Den großartigsten Anstoß gab der durch Kenntnisse, Thatkraft und kühnen Unternehmungsgeist ausgezeichnete John Cockerill, ein Schotte von Geburt, der mit Unterstützung des Königs von Holland und später von Belgien das berühmte Eisenwerk Seraing gründete, den englischen Puddel- und Walzprozeß und dann den Hochofenbetrieb mit Koks einführte und dadurch der belgischen Industrie eine Bedeutung und ein Übergewicht verschaffte, welches bis zu Ende der Periode, ja bis 1860 für Westdeutschland und Nordfrankreich fühlbar war. Nach dem Muster von Seraing und der belgischen Eisenhüttenwerke entwickelte sich die Eisenindustrie mit Steinkohlenbetrieb in diesen Gebieten vielfach noch in einer gewissen Abhängig-

Digitized by Google

keit von ihren Lehrmeistern. Im ganzen breitete sich das Steinkohlenfrischen, der Puddelprozefs, rascher aus als das Steinkohlenschmelzen oder der Koksbetrieb, weil die Hütten, meist im Erzgebiet gelegen, zu grofse Schwierigkeiten mit dem Bezug von Steinkohlen oder Koks hatten. Aber selbst in den Kohlengebieten, wie z. B. an der Ruhr, hielt man an dem gewohnten Betrieb mit Holzkohlen fest unter dem Vorwand, dafs deutscher Koks ein schlechtes Roheisen gebe, und so wurde an der Ruhr erst im Jahre 1849 der erste Kokshochofen angeblasen. Rascher verbeitete sich die Verwendung der mit Dampfmaschinen bewegten englischen Cylindergebläse und eine der wichtigsten Entdeckungen dieser Periode, die von dem Engländer Neilson 1829 erfundene Wind-Erhitzung beim Hochofenbetrieb.

Die folgenreichste Erfindung für die Eisenindustrie, die ebenfalls in England gemacht wurde, die den Eisenbedarf aufserordentlich steigerte und zum Massenbetrieb und zur Gründung grofser Eisenwalzwerke Veranlassung gab, war die der Eisenbahnen und der Dampflokomotive von Stevenson im Jahre 1830. Die Eisenbahnen breiteten sich erst in England, dann in Amerika und hierauf auch auf dem Kontinent aus. Anfangs bezog man den Bedarf für Lokomotiven und Eisenbahnschienen ausschliefslich aus England. Das Streben, die ungeheuren Geldsummen, welche dafür dorthin flossen, dem eigenen Lande zu erhalten, veranlafste in allen hervorragenden eisenerzeugenden Ländern die Anlage von Schienenwalzwerken und von Maschinenfabriken zum Bau von Lokomotiven. Dadurch wurde die Anlage viel gröfserer Eisenwerke, die Einführung des Massenbetriebes, der immer gröfseren Umfang gewann, vorgeschrieben. Eine hervorragende Erfindung für die Verarbeitung des Eisens war die des Dampfhammmers von James Napier 1845.

Nicht minder wichtig als diese technischen Erfindungen waren die Fortschritte der Chemie, welche von Männern wie Gay-Lussac, Davy, Faraday, Berthier, Berzelius, Liebig und Wöhler ausgingen und die von hervorragenden Metallurgen, besonders von Dr. C. J. B. Karsten, für die Metallurgie des Eisens nutzbar gemacht wurden. Hierdurch wurde diesem Zweig der Technik eine Grundlage gegeben, auf welcher dann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die segensreichsten Wirkungen und die glänzendsten Erfolge erwuchsen.

Digitized by Google

Die napoleonische Zeit
(1801 bis 1815).

Das Jahrhundert begann unter dem siegreichen Stern Napoleon Bonapartes, damals erster Konsul, nachmals Kaiser der Franzosen. „Geld und Eisen sind notwendig, um den Frieden zu befehlen.“ Diese Worte rief er in seiner Proklamation vom 8. März 1800 den Franzosen zu. Sie sind in gewisser Hinsicht die Devise des Jahrhunderts geworden.

Napoleon und andere nach ihm wollten mit dem Eisen in der Hand den Frieden befehlen; Ströme von Blut sind geflossen, aber der Völkerfriede ist noch nicht gekommen. Wird ihn das folgende Jahrhundert bringen?

Napoleon war der echte Sohn der Revolution. Er hatte es selbst mit erlebt, dafs es das Eisen war, das die glorreiche Republik Frankreich gegen die Koalition der europäischen Fürsten verteidigt hatte, das Eisen, welches in Frankreich gegraben, in Frankreich geschmolzen, in Frankreich zu Waffen verarbeitet worden war. Gelehrte waren es gewesen, Mathematiker, Naturforscher, welche dieses ermöglicht und dadurch den Erfolg herbeigeführt hatten. Besonders hatte sich die junge Wissenschaft der Chemie glänzend bewährt. Sie hatte sich als nützlich und als patriotisch erwiesen; dadurch war sie populär geworden. Napoleon erkannte dies, wie alle einsichtigen Franzosen jener Zeit; selbst ein Freund der Mathematik, fühlte er sich zu den Gelehrten dieser Wissenschaft, wie zu den Männern der praktischen Naturwissenschaften hingezogen und räumte ihnen einflufsreiche Ehrenstellen ein. Die Mathematiker La Place, Monge, Carnot, die Chemiker Berthollet, Chaptal, Guyton de Morveau wirkten als Minister oder in anderen wichtigen Vertrauensstellungen. Die Mathematik sollte das wichtigste Erziehungsmittel, chemische und physikalische Kenntnisse Gemeingut aller Gebildeten werden. Deshalb berief Napoleon 1801 den Chemiker Fourcroy an die Spitze des öffentlichen Unterrichtswesens, der das Schulwesen in diesem Sinne umgestaltete und organisierte. Auch die Metallurgie sollte populär werden, besonders die Metallurgie des Eisens, deshalb beauftragte der Kaiser Hassenfratz, eine Siderotechnik, ein Lehrbuch der Eisenhüttenkunde zu schreiben.

Dafs Napoleon es sich angelegen sein liefs, die Eisenindustrie

Digitized by Google

Frankreichs selbst zu fördern, bedarf kaum besonderer Erwähnung, waren doch das Eisen und die eisernen Waffen für seinen Ruhm und seinen Ehrgeiz unentbehrlich. Deshalb suchte er auch in den eroberten Ländern die bestehende Eisenindustrie zu schützen und zu fördern. Nachdem durch den Frieden von Luneville 1801 das linke deutsche Rheinufer mit Frankreich vereinigt worden war, wendete er den Eisenwerken der Eifel und des Saargebietes grofse Aufmerksamkeit zu und bemühte sich, die Solinger und Remscheider Industrie in das Saargebiet zu verpflanzen. Was Napoleons Klugheit aber gründete, das zerstörte wieder sein Ehrgeiz. So nützlich für die Eisenindustrie seine thatkräftige Hülfe war, so schädlich waren für dieselbe seine fortwährenden Kriege. Darunter litten besonders die Grenzländer, namentlich die deutschen, die unmittelbar durch den Krieg getroffen wurden, dann aber auch die französische Industrie selbst, welcher durch die unaufhörlichen Truppenaushebungen die Arbeitskräfte in einer Weise entzogen wurden, dafs sie gar nicht mehr im stande war, die übernommenen Lieferungen auszuführen. Am verderblichsten wirkte sein Cäsarenwahn durch eine Mafsregel, welche die ganze civilisierte Welt in Mitleidenschaft zog, die Kontinentalsperre. Den Zweck dieses thörichten Einfuhrverbots, Englands Handel und Industrie zu Grunde zu richten, erreichte er nicht; wohl aber bereitete er sich dadurch das eigene Verderben, denn das Vexatorische dieses widersinnigen Zwanges veranlafste schliefslich 1810 Rufsland, dieselbe zu brechen und sich mit England zu verbünden, was Napoleons Feldzug nach Rufsland veranlafste, welcher der Anfang seines Endes wurde. Durch diese Handelssperre wurden aufserdem die Länder des europäischen Kontinents weit mehr geschädigt als England, denn dieses hatte bereits einen so gewaltigen Vorsprung in seiner industriellen Entwickelung und eine so gesicherte Macht zur See, dafs es viel eher wie der Kontinent die Folgen derselben überwinden konnte. Auf sich selbst angewiesen, entwickelte England seine reichen Hülfsquellen und sein grofsartiges Maschinenwesen mit doppelter Energie und es machte sich nicht nur unabhängig, sondern gewann noch einen viel gröfseren Vorsprung auf technischem Gebiet. Die Staaten des Kontinents hatten nicht nur den materiellen Schaden, welchen die Kontinentalsperre mit sich brachte, sondern auch den noch viel gröfseren Nachteil, dafs sie, von England abgesperrt, an den grofsen technischen Fortschritten dieses Landes nicht teilnahmen und infolgedessen zurückblieben. Am Ende des 18. Jahrhunderts hatte die kontinentale Industrie, namentlich in Deutschland, einen hoffnungsvollen Aufschwung dadurch genommen,

Digitized by Google

dafs man die englische Betriebsweise einzuführen begann. Durch die unnatürliche Blockade wurden diese Bestrebungen unterbrochen. Am meisten hatte die französische Industrie selbst darunter zu leiden, die grundsätzlich die englischen Errungenschaften auf technischem Gebiet in verblendeter Selbsttäuschung verachtete. So kam es, dafs, obgleich der erste Kokshochofen nach englischem Muster zu Creusot bereits vor 1788 erbaut worden war, dieser Betrieb in der napoleonischen Zeit aufhörte und man erst im Jahre 1818 mit der Einführung des Steinkohlenbetriebes wieder anfing. In dem kurzen Zeitraume, in dem Frankreich nach dem Frieden von Amiens (1802) einmal nicht mit England im Krieg begriffen war, hatte die französische Regierung den jungen, talentvollen Ingenieur Bonnard nach England geschickt, um besonders den Puddelprozefs zu studieren, aber er mufste auf halbem Wege umkehren, weil neue Feindseligkeiten zwischen England und Frankreich ausgebrochen waren. Bonnards trefflicher Bericht hatte für die französische Eisenindustrie keine praktischen Folgen. Die Feindschaft gegen England und die Selbstüberschätzung bewirkten, dafs man sich in Frankreich keine Mühe gab, die wichtigen neueren Erfindungen der Engländer einzuführen, zum grofsen Nachteil der französischen Industrie. Dafs auch in Deutschland in dieser Beziehung damals nur wenig geschah, lag an den aufserordentlich traurigen politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen. Europa war in zwei getrennte Teile zerrissen, auf der einen Seite England, das mit Energie die Bahn des Fortschrittes seiner Industrie verfolgte, auf der anderen Seite die von Frankreich in Abhängigkeit oder Schrecken gehaltenen Kontinentalstaaten, welche kaum im stande waren, ihre Industrie aufrecht zu erhalten. England hatte beides, Geld und Eisen, und damit errang es auch den Sieg und erzwang den Frieden, sehr gegen die Erwartungen Napoleons.

Litteratur

1801 bis 1815.

Die französische Revolution hatte, wie wir wissen, den Bestrebungen auf dem Gebiete der praktischen Naturwissenschaften, besonders auch auf dem Gebiet der Metallurgie, einen kräftigen Impuls gegeben, dessen Wirkung eine dauernde war und der auch in der napoleonischen Periode trotz des unaufhörlichen Kriegsgetümmels fortwirkte.

Digitized by Google

Mathematik, Physik und besonders die Chemie machten grofsartige Fortschritte; die der letzteren, soweit sie sich auf die Eisenhüttenkunde beziehen, werden wir in der Folge noch näher betrachten. Ihren Ausdruck fanden dieselben in der naturwissenschaftlichen und metallurgischen Litteratur, welche einen aufserordentlichen Umfang annahm. Seit der französischen Revolution hatte die periodische Litteratur besonders an Inhalt und Bedeutung zugenommen. Wir können nur die wichtigsten Zeitschriften aufzählen.

In Frankreich erschienen: Annales de chimie, 96 Bände, von 1795 bis 1815; Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle par J. O. de Lamettrie, 53 Bände, von 1799 bis 1823; Annales des arts et manufactures pures et appliqués par R. O'Reilly; vor allem aber die vorzügliche Fachzeitschrift über Berg- und Hüttenwesen, Journal des mines, 38 Bände, von an III (1795) bis 1815.

In Deutschland enthalten Crells Annalen der Chemie, welche bis 1804 erschienen, viele wertvolle Beiträge zur Hüttenkunde; ferner Gilberts Annalen der Physik, 76 Bände, von 1798 bis 1824; Allgemeines Journal der Chemie, herausgegeben von A. N. Scherer, 10 Bände, 1798 bis 1803; Neues allgemeines Journal der Chemie von A. F. Gehlen, 6 Bände, 1803 bis 1805 und Journal für Chemie und Physik von Gehlen, 9 Bände, 1801 bis 1810; ferner Journal für Chemie und Physik von Schweigger etc., 69 Bände, 1811 bis 1833. Mancherlei findet sich in dem Journal für Fabriken, Manufacturen, Handlung, Kunst und Mode, 1796 bis 1812; am wichtigsten sind aber die Fachzeitschriften von C. E. Freiherr von Moll, Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde, 6 Bände, 1797 bis 1801; Annalen der Berg- und Hüttenkunde, 3 Bände, 1802 bis 1805; Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde, 5 Bände, 1805 bis 1809 und endlich Neue Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde, 6 Bände, 1809 bis 1825; ferner A. W. Köhler und C. A. S. Hoffmann, Neues bergmännisches Journal, 4 Bände, 1795 bis 1816. Von dem Magazin für Eisen-, Berg- und Hüttenkunde ist leider nur ein Band, 1808, erschienen.

In England sind in dem Philosophical Magazine, 42 Bände, von 1798 bis 1813, viele wichtige Beiträge zur Eisenhüttenkunde, namentlich von Mushet, enthalten, ferner sind die englischen Patentbeschreibungen (Specifications) wichtige Quellen für die Industriegeschichte.

Ebenso erschienen in dieser Periode eine ganze Anzahl Hand- und Lehrbücher, sowie specielle Fachschriften über einzelne Teile der Eisenhüttenkunde: so in Deutschland 1801 Tiemanns Eisen-

Digitized by Google

hüttenkunde, welche wir bereits früher besprochen haben; in demselben Jahre T. L. Hasse, Grundlinien der Eisenhüttenkunde, und 1806 J. J. F. Waehler's Grundrifs der Eisenhüttenkunde. Im Jahre 1810 erschien das ausführliche Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde von Lampadius, ein umfassendes Werk von reichem Inhalt. Es zerfällt in einen ersten präparativen Teil und in einen zweiten applikativen Teil, welcher in 4 Bände zerlegt ist. Der letzte derselben behandelt die Eisenhüttenkunde und liefert mancherlei interessante Beiträge zu derselben. Von grofsem geschichtlichem Werte ist die 1812 in Paris erschienene Siderotechnik, 4 Bände, von Jean Henri Hassenfratz. Der Verfasser, der unter dem Kaiserreich als erste Autorität im Eisenhüttenwesen galt, hatte ein wechselvolles Leben hinter sich. 1755 in Paris geboren, wurde er schon in frühester Jugend Schiffsjunge auf einem nach Martinique segelnden französischen Kriegsschiffe. Seine Vorliebe für mechanische Künste veranlafsten ihn, nach seiner Rückkehr das Zimmerhandwerk zu erlernen, und er bewies solche Geschicklichkeit, dafs er schon im 22. Jahre Meister wurde. Dies genügte aber seinem Ehrgeiz nicht; er studierte Bauwissenschaft, dann unter Monge Mathematik und wurde Ingenieur-Geograph. Hierauf wendete er sich dem Bergfach zu, wurde Bergwerkseleve, als welcher er 1782 eine Reise nach Österreich unternahm. Von da zurückgekehrt, wurde er Chemiker und sehr bald Amanuensis von Lavoisier. 1789 stürzte er sich in den Strudel der Revolution und spielte bald eine hervorragende Rolle. Er erhielt vielerlei politische Stellungen. Als Mitglied der Nationalverteidigung hatte er die Fabrikation der Gewehre und Kanonen zu beaufsichtigen. 1795 floh er, um einem Verhaftsbefehl zu entgehen, nach Sedan, kehrte aber bald wieder zurück und wurde Professor der Mineralogie an der neu gegründeten Bergakademie (École des Mines) in Paris, ferner wurde ihm die Professur der Technologie an dem Lycée des Arts und 1797 die der Physik an der École polytechnique übertragen, die er bis 1814 bekleidete. Er war Mitglied der Kommission der Künste und Gewerbe und reorganisierte als solcher und als Inspecteur supérieur des Mines das Bergwerkswesen und dann 1804 auch die Militärschule, an der er gleichfalls Lehrer war. Ferner war er auch eine Zeitlang Professor und Direktor der neu gegründeten Bergschule von Moustiers (École-pratique, dép. du Mont-Blanc). Unter seinen Aufsätzen nennen wir die auf das Eisenhüttenwesen Bezug habenden über die Spateisensteine (1807, Journal de physique LXIII) und über die Eisenoxyde (ebenda LXVII, LXIX und LXXIX). Er erhielt von

Digitized by Google

der napoleonischen Regierung den Auftrag, ein Handbuch der Eisenhüttenkunde zu verfassen, welches, wie erwähnt, 1812 erschien. 1814 wurde Hassenfratz als eifriger Anhänger Napoleons pensioniert und 1815 wurden ihm sämtliche Pensionen entzogen. Er starb am 26. Februar 1827 zu Paris.

Seine Siderotechnik ist eine umfassende Eisenhüttenkunde (4 Bände in Quart mit zahlreichen Figurentafeln), die zwar ganz besonderen Wert für Frankreich hat, aber in ihrem wissenschaftlichen Teil von allgemeiner Bedeutung ist. Jedenfalls hätte sie eine bessere Übersetzung als die höchst mangelhafte von T. L. Hasse, der den Text zum Teil durch zahlreiche eigene Bemerkungen ersetzt und verschlechtert hat, verdient. Diese deutsche Übersetzung erschien unter dem Titel: „Das Wichtigste aus der Eisenhüttenkunde", 1820 und 1821 in 2 Bänden.

Übertroffen wurde das Werk von Hassenfratz an Gründlichkeit noch durch das Handbuch der Eisenhüttenkunde von Dr. C. J. B. Karsten, ein Werk, welches an Bedeutung Rinmans Geschichte des Eisens zur Seite gestellt werden kann und das in seiner zweiten — und namentlich in seiner dritten Auflage in immer umfassenderer Weise das ganze Gebiet der Eisenhüttenkunde behandelt. Karl Johann Bernhard Karsten wurde am 26. November 1782 zu Bützow als zweiter Sohn des Professors Franz Ch. L. Karsten geboren. Er entstammte einer Familie, welche in kurzer Aufeinanderfolge Preußen und der wissenschaftlichen Welt eine Reihe hervorragender Männer geschenkt hatte. Unseres Karstens Großvater war der berühmte Mathematiker Wenzeslaus Johann Gustav Karsten, Professor erst auf der damals neu gegründeten mecklenburgischen Universität zu Bützow und dann zu Halle, wo er 1787 starb. Sein Neffe war der ausgezeichnete Mineralog Dietrich Ludwig Gustav Karsten, geboren 1768 zu Bützow, welcher in Freiberg Bergwissenschaften studierte, 1783 von dem Staatsminister von Heinitz unter die Zahl der preußischen Bergeleven aufgenommen und dann von diesem in den preußischen Staatsdienst berufen wurde. Er wurde 1789 Assessor am Oberbergamt zu Berlin, 1792, erst 24 Jahre alt, Bergrat, 1797 Oberbergrat und 1803 Geheimer Oberbergrat und Mitglied des Ministeriums für Bergwerksangelegenheiten. Im Jahre 1810 wurde er Staatsrat und General-Bergbau-Direktor, wodurch ihm die Leitung des ganzen preußischen Bergwesens übertragen wurde. Wenige Wochen, nachdem er dieses Amt angetreten hatte, raffte ihn der Tod hinweg.

Digitized by Google

Dieser hochbegabte, vortreffliche Mann wirkte bestimmend auf die Laufbahn unseres Karl Johann Bernhard Karsten, dessen Vater, Franz Christian Lorenz, Universitätsprofessor erst zu Bützow, dann zu Rostock war und zu den Begründern einer wissenschaftlichen Landwirtschaft gehörte, und der auch das erste landwirtschaftliche Institut zu Neuenwerder bei Rostock geschaffen hatte. Da ihm 15 Kinder geboren wurden, von denen 11 heranwuchsen, und er in keinen glänzenden Verhältnissen lebte, waren die Söhne früh darauf angewiesen, für sich selbst zu sorgen. Karl Johann Bernhard bezog, 17 Jahre alt, die Universität Rostock, wo er Naturwissenschaften studierte, mit der Absicht, Mediziner zu werden. Bereits in seinem 18. Jahre begann er litterarisch thätig zu sein, indem er ein „Vollständiges Register über Grens neues Journal der Physik“ herausgab. Durch diese Arbeit wurde Scherer in Berlin veranlafst, Karsten die Stelle eines Assistenten mit einem Gehalt von 250 Thlrn. zu übertragen, um ihm bei der Herausgabe seines Journals der Chemie behülflich zu sein. Die Stellung, die er zu Johannis 1801 übernahm, brachte Karsten zwar viele Unannehmlichkeiten, trug aber dazu bei, seine hervorragenden chemischen Kenntnisse noch mehr auszubreiten und in zahlreichen litterarischen Beiträgen zu verwerten. In Berlin schlofs er sich eng an seinen ausgezeichneten Vetter, Dr. L. G. Karsten, an, der ihm lebhaftes Interesse für Mineralogie und Bergwesen einflöfste. Nachdem er durch seine Dissertation de affinitate chemica, welche er im folgenden Jahre 1803 unter dem Titel: „Revision der Lehre von der chemischen Affinität“ veröffentlichte, in Rostock den Doktorgrad erworben hatte, trennte er sich im Herbste 1802 von Scherer und machte sich nun mit dem Eisenhüttenwesen auf den brandenburgischen Hüttenwerken praktisch bekannt. Die Resultate seiner Beobachtungen legte er in einer Abhandlung über den Unterschied des Stabeisens, des Roheisens und des Stahls, und über die Erzeugung des Roheisens in den Hochöfen nieder. Diese Arbeit nebst einem curriculum vitae und der Bitte, die schlesischen Eisenhütten besuchen zu dürfen, überreichte der Oberbergrat Dr. L. G. Karsten dem Minister von Reden, dessen scharfes Auge bereits die hervorragenden Fähigkeiten des jungen Dr. Karsten erkannt hatte. Die Erlaubnis wurde in entgegenkommendster Weise erteilt, wobei der Minister die Erwartung aussprach, dann und wann Ausarbeitungen über die beobachteten Gegenstände von ihm zu erhalten.

Ohne eine bestimmte Anstellung erhielt Karsten die Erlaubnis, sich auf allen königlichen Hütten nach eigenem Ermessen zu

Digitized by Google

beschäftigen und selbst Verbesserungsvorschläge und Versuche zu machen. Es wurde ihm vom 1. Juli 1803 ab ein Tagegeld von 20 Silbergroschen bewilligt. Der vortreffliche Reden hatte seinen Mann richtig beurteilt, indem er ihn in eine so freie Schule der Praxis sandte. Karsten arbeitete sich mit dem Eifer jugendlicher Begeisterung in die Technik des Eisenhüttenwesens ein und keine Arbeit war ihm zu gering und zu beschwerlich. Seine Berichte fanden den Beifall des Ministers und am 26. Dezember 1804 wurde er zum Referendarius bei dem schlesischen Oberbergamte ernannt. Damit beginnt die segensreiche Amtsthätigkeit Karstens in Schlesien. In der That hat ihm diese Provinz viel zu danken, zunächst als dem Begründer der schlesischen Zinkindustrie, welche eine reiche Quelle des Wohlstandes für die Bevölkerung wurde; sodann war es die Eisenindustrie, der er allezeit das gröfste Interesse zuwendete und die er in den schweren Kriegszeiten ruhmvoll leitete. Schon 1805 war er zum Assessor vorgerückt und im Jahre 1808 räumte man ihm weit über seine Stellung gehende Befugnisse ein. Die Notlage des Staates gestattete aber der Regierung noch nicht, ihn zum Bergrat zu machen. Als der schlesische Oberberghauptmann Steinbeck endlich im Februar 1810 diese Beförderung bei dem König beantragte, schrieb er: „Karsten hat den Hüttenbetrieb, wie Ew. Königl. Majestät zur Genüge bekannt ist, selbst in der drückenden Periode des Krieges mit der gröfsten Umsicht geleitet. Er hat, nach dem Kriege, besonders bei dem Geschützgufs und der Gewehrfabrikation, grofse Dienste geleistet. Denn ohne seine thätige Mitwirkung möchten wir wohl darin nicht so weit vorgerückt sein, als wirklich geschehen ist. Er hat endlich sehr wesentlich zur Realisierung der Zinkfabrikation mitgewirkt, und besonders diese Mitwirkung an Ort und Stelle ausgeübt, ohne hierbei seine geschwächte Gesundheit im geringsten zu berücksichtigen.“ Am 17. März wurde Karsten vom Könige zum Bergrat ernannt. Die Freude über diese Beförderung wurde aber gedämpft durch den am 17. April erfolgten Tod seines edlen Vetters, den der König fast gleichzeitig an die Spitze des preufsischen Berg- und Hüttenwesens berufen hatte. Am 9. Dezember 1811 avancierte er zum Ober-Hüttenrat und Ober-Hüttenverwalter für Ober- und Nieder-Schlesien. Seiner persönlichen Thätigkeit war hauptsächlich das für die Befreiung des Vaterlandes so wichtige Werk zu danken, die Ausrüstung der Armee mit Gewehren, Waffen und Geschützen aus schlesischem Eisen. Im Jahre 1809 begann man auf der Hütte zu Malapane, ohne die nötigen Einrichtungen und geübte Arbeiter,

Digitized by Google

die ersten Gewehre für die Armee zu machen, und wenige Jahre danach lieferten Malapane und Gleiwitz die ganze Ausrüstung für das schlesische Heer. Am 17. Januar 1816 verlieh ihm der König das Eiserne Kreuz am weifsen Bande „Zur Anerkenntnis Ihrer Verdienstlichkeit", eine Auszeichnung, welche den sonst für Ehrenbezeugungen wenig empfänglichen Mann hoch erfreute. Bei dieser anstrengenden praktischen Thätigkeit hatte das litterarische Schaffen Karstens lange Zeit geruht. Aber bereits 1814 erschien seine vortreffliche Bearbeitung von Rinmans Geschichte des Eisens, welche er mit sachgemäfsen Anmerkungen versah, in deren einer er bereits klar seine geniale Begründung der Unterschiede der verschiedenen Eisenarten zum Ausdruck brachte. 1816 erschien dann sein berühmtes Handbuch der Eisenhüttenkunde. Bevor wir auf dieses Werk näher eingehen, wollen wir kurz die weiteren Lebensschicksale Karstens schildern. Im Jahre 1815 wurde Karsten zur Abfassung eines Gutachtens über die künftigen Landesgrenzen zwischen Preufsen und Nassau, wobei der Bergwerksbesitz ganz besonders in Betracht kam, nach den westlichen Provinzen geschickt. Seine begeisterten Schilderungen über den Erzreichtum Nassau-Oraniens waren ausschlaggebend für das Festhalten Preufsens an der Erwerbung des Siegerlandes. Karsten beklagte es sehr, dafs nicht auch das eisenreiche dillenburgische Land schon damals mit Preufsen vereinigt wurde; er, der noch wenig aufser Schlesien und Brandenburg gesehen hatte, kam aus dem Entzücken über den Erzreichtum und die landschaftlichen Schönheiten des oranischen und saynischen Landes nicht heraus. „Von solchem Reichtum habe ich keinen Begriff gehabt", schreibt Karsten, nachdem er den Stahlberg bei Müsen gesehen. Und als er die Gruben bei Dillenburg befahren hatte, sagte er: „Von diesen Schätzen hat der an Armut gewöhnte Schlesier gar keinen Begriff. Was man hier als Zuschlag verwendet und nicht achtet, würden wir in Schlesien als die reichsten Erzschätze verehren. Ein Hüttenmann kann daher hier wenig lernen, sondern nur über die verschwenderische Natur staunen und sich mit der Überzeugung schmeicheln, dafs er diese Schätze, wenn er sie zu verwalten hätte, besser benutzen würde." Nach Beendigung der Grenzregulierung ging er in glücklichster Stimmung erst nach Hamm, dann nach Neuwied und der Sayner Hütte. Hier traf ihn die Trauernachricht von Redens Tod. „Die Nachricht vom Tode des Grafen Reden", schreibt er, „hat meine Freude sehr getrübt. Du wirst es nicht unmännlich finden, wenn ich Dir sage, dafs ich mich nicht der Thränen erwehren konnte und dafs ich noch

Digitized by Google

jetzt, indem ich schreibe, mit Gewalt Empfindungen unterdrücken muſs, welche mir die Augen füllen wollen. Ich schreibe Dir kein Wort weiter, Du weiſst, daſs ich alle Ursache hatte, diesen wahrhaft verehrungswürdigen Mann aufs höchste zu verehren. Noch heute reise ich zum Minister vom Stein und werde dort Anlaſs genug haben, eine Saite zu berühren, die mich mit inniger Wehmut erfüllt."

Diese schönen Worte gewähren uns Einblick in das edle Herz Karstens.

Nachdem er von seiner Reise, die er durch die Eifel, Rheinland und Westfalen bis nach Lüttich ausgedehnt hatte, nach Breslau zurückgekehrt war, wurde er bald darauf zu wichtigen Konferenzen nach Berlin berufen und 1819 wurde er als Geheimer Bergrat dauernd dorthin versetzt, 1821 wurde er zum Geheimen Ober-Bergrat und vortragendem Rat im Ministerium ernannt. Es wurde ihm das ganze Hütten- und Salinenwesen im preuſsischen Staate übertragen. In diesem erweiterten Berufskreise wirkte er segensreich und mit Auszeichnung bis zum Jahre 1850. In diesem traurigen Jahre der hereinbrechenden Reaktion begann der liberal gesinnte, aufgeklärte Mann, der so treu seinem Lande gedient hatte, sich unbehaglich in seiner Stellung zu fühlen und erbat seinen Abschied, der ihm ohne ein Wort der Anerkennung seines Königs bewilligt wurde. Er blieb litterarisch thätig bis zu seinem Tode, der ihn am 22. August 1853 abrief.

Es würde zu weit führen, Karstens Thätigkeit im einzelnen zu schildern. Er hat in Theorie und Praxis der Hüttenkunde eine wirklich wissenschaftliche Grundlage gegeben. In der Einführung der Wissenschaft in die Praxis besteht sein ganz besonderes Verdienst. Er ist ein bedeutender Erzieher gewesen nicht nur durch seine Schriften, sondern auch durch seine mündliche Belehrung und sein Beispiel. Dadurch hat er besonders in seiner schlesischen Zeit eine Schule vortrefflicher Hüttenmänner herangebildet, die namentlich für die Entwickelung der schlesischen Privat-Eisenwerke Groſses geleistet haben. Unsterblich aber ist er durch seine klassischen hüttenmännischen Schriften geworden, durch die er noch heute fortwirkt und die seinen Namen auch im Auslande berühmt gemacht haben.

Bei Karsten war Gelehrsamkeit und technisches Geschick, Theorie und Praxis in der schönsten und glücklichsten Weise vereinigt. Dabei war er der erste hervorragende Schriftsteller der modernen Eisenindustrie. Er hatte alle Schlacken der alten Phlogistonlehre, die den übrigen metallurgischen Schriftstellern zu Anfang des

Digitized by Google

19. Jahrhunderts noch anhaftete, von sich abgestreift. Die antiphlogistische Chemie war bei ihm in Fleisch und Blut übergegangen und er stiefs auf keinen hüttenmännischen Vorgang, ohne ihn chemisch zu erfassen und zu begründen. Dabei hatte er eine grofse praktische Erfahrung. Seine metallurgischen Lehrbücher behandeln deshalb vielfach Selbsterlebtes. Es geschieht dies in klarer, anschaulicher Weise, und die nüchterne Wirklichkeit wird fesselnd durch die Darstellung und noch mehr durch die naturwissenschaftliche Behandlung, welche die einzelne Erscheinung im Zusammenhang mit den Naturgesetzen interessant erscheinen läfst.

Karsten war ein sehr fruchtbarer Schriftsteller und müssen wir uns begnügen, die für die Eisenhüttenkunde wichtigsten Schriften aufzuzählen. Bereits im Jahre 1803 veröffentlichte er „Einige Bemerkungen über die Gewinnung des Eisens im grofsen aus seinen Erzen, besonders in chemischer Hinsicht". Die deutsche Bearbeitung von Rinmans Geschichte des Eisens erschien in 2 Bänden in den Jahren 1814 und 1815. 1816 folgte sein Handbuch der Eisenhüttenkunde, ebenfalls in 2 Bänden. Von diesem grundlegenden Werk erschien bald danach eine französische Übersetzung von Culman.

1818 wurde zu Breslau der Grundrifs der Metallurgie und der metallurgischen Hüttenkunde herausgegeben. In demselben Jahre begann Karsten das „Archiv für Bergbau und Hüttenwesen", welches von 1818 bis 1829 in Breslau und Berlin erschien, und wirklich das war, was sein Titel versprach, das Archiv der wichtigsten hüttenmännischen Erscheinungen jener Zeit. 1829 wurde es erweitert zum „Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde", welches nach Karstens Tode mit dem Jahre 1854 aufhörte. Vom XI. Bande an nahm von Dechen an der Redaktion mit teil. In diesem Archiv wurde eine grofse Reihe vortrefflicher Abhandlungen Karstens veröffentlicht.

1821 gab er die Beschreibung einer metallurgischen Reise durch einen Teil von Bayern und durch die süddeutschen Provinzen Österreichs, worin namentlich die in Steiermark und Kärnten betriebenen Frischmethoden eingehend geschildert sind, heraus.

1827 erschien die zweite Auflage des Handbuches der Eisenhüttenkunde in 4 Bänden, wie schon aus der doppelten Bändezahl hervorgeht, sehr erweitert und geradezu als ein neues Werk. Auch diese Auflage wurde wenige Jahre nach ihrem Erscheinen, 1830, von Culman ins Französische übersetzt. 1828 folgte Karstens Grundrifs der deutschen Bergrechtslehre mit Rücksicht auf die französische

Digitized by Google

Bergwerksverfassung. 1831 erschien das grofse Werk „System der Metallurgie", geschichtlich, statistisch, theoretisch und technisch, in 5 Bänden mit einem Atlas von 51 Kupfertafeln.

Im Jahre 1841 gab Karsten die dritte Auflage seines Handbuches der Eisenhüttenkunde in 5 Bänden mit einem Atlas von 63 Kupfertafeln heraus. Auch diese Ausgabe ist, trotzdem die alte Einteilung beibehalten ist, ein neues Werk und das für den Techniker der Jetztzeit wichtigste.

Nicht unerwähnt wollen wir noch Karstens vorzügliches Lehrbuch der Salinenkunde lassen, welches 1841 in 2 Bänden erschien.

Die zahlreichen Abhandlungen, welche Karsten besonders im Archiv und in den Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften veröffentlicht hat, können wir nicht alle aufzählen. Von historischer Bedeutung sind die Aufsätze über die verschiedenen Zustände des Eisens und eine neue Theorie derselben in Gilberts Annalen LII, 428; über die Verbindung des Eisens mit Kohle in den Abhandlungen der Akademie von 1822 und „über die Karburete des Eisens", ebendaselbst 1846. Sehr beachtenswert sind die Abhandlungen „über die Bereitung und Behandlung des Gufsstahls", im Archiv von 1825 (IX, 397); „über den Damaststahl" (ebenda. 451) und seine letzte Arbeit, „über die Bereitung des Gufsstahls", in den Monatsberichten der Berliner Akademie von 1853.

Bei weitem das wichtigste Werk für uns ist Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde. Ganz abgesehen davon, dafs es in der Einleitung eine recht gute, wenn auch knappe Übersicht über die Geschichte der Eisenindustrie giebt, ist es für sich selbst, durch seine drei Auflagen, eine wichtige Quelle für die Geschichte des Eisens. Den Fortschritt der Eisenindustrie in den Perioden von 1816 bis 1827 und von 1827 bis 1841 kann man nicht besser kennen lernen, als durch eine Vergleichung der drei Auflagen des Handbuches der Eisenhüttenkunde von 1816, 1827 und 1841. Wir werden deshalb so häufig Veranlassung haben, dieses Werk als Geschichtsquelle anzuführen, dafs wir davon absehen können, hier auf seinen Inhalt näher einzugehen. Auch darf dieses grundlegende Werk über das Eisen in Fachkreisen wohl als bekannt vorausgesetzt werden.

Von Schriften über einzelne Teile der Eisenindustrie sind aus der Periode 1800 bis 1815 noch hervorzuheben:

Friedr. Aug. Alex. Eversmann, Übersicht der Eisen- und Stahlerzeugung auf Wasserwerken in den Ländern zwischen Lahn und Lippe; Dortmund 1804. Dieses vortreffliche Werk, welches wir schon

Digitized by Google

mehrfach anzuführen Gelegenheit hatten, ist von Bergrat Eversmann, der damals Fabrikenkommissarius der Mark war, dem Reichsfreiherrn Carl vom Stein zugeeignet, von dessen klarem Geist das fleifsige, gründliche Buch durchweht ist.

Zur Eisenhüttenkunde im allgemeinen und der Eisenindustrie Österreichs insbesondere hat F. A. von Marcher zahlreiche Beiträge geliefert, welche den Titel führen: „Beiträge zur Eisenhüttenkunde, 1805 bis 1812". Es sind zwei Teile in 15 Bänden. Über die österreichische Eisenindustrie handeln ferner seine Notizen und Bemerkungen über den Betrieb der Hochöfen und Rennwerke, 5 Hefte, 1808 bis 1811. Die Schriften von Marchers bekunden einen aufserordentlichen Fleifs und enthalten einen grofsen Reichtum von Thatsachen; sehr wertvoll sind die ausführlichen Tabellen, unter denen wir die Zusammenstellung von 117 Hochöfen nach ihren Mafsen, Schmelzbetrieb, Ausbringen, Kohlenverbrauch u. s. w. hervorheben. Zu bedauern ist nur, dafs von Marchers Schriften durch ihre Weitschweifigkeit und ihr schlechtes Deutsch sehr beschwerlich zu lesen sind.

Eine gründliche Schrift ist ferner J. von Panz und A. J. Atzl, Beschreibung der vorzüglichsten Berg- und Hüttenwerke des Herzogtums Steiermark, 1814.

Ein Werk von hervorragendem geschichtlichem Wert ist Héron de Villefosse, De la richesse minérale. Tome I bis III nebst Atlas, 1810 bis 1819. Antoine Maria Héron de Villefosse wurde am 21. Juni 1774 zu Paris geboren. Er studierte Bergbaukunde und wurde 1801 Ingenieur des Mines. 1803 wurde er als technischer Kommissär nach dem Harz geschickt, zum Schutze des dortigen Berg- und Hüttenwesens. 1807 ernannte ihn Napoleon zum Generalinspektor aller Bergwerke zwischen dem Rhein und der Weichsel. Als solcher nahm er 1809 in Clausthal Wohnung, und in dieser Stellung sammelte er das Material für sein umfangreiches Werk. 1808 hatte er bereits eine Bergwerks- und Hüttenkarte des Harzes herausgegeben. Ähnliche Karten des Gebietes zwischen Rhein und Elbe und des Erzgebirges veröffentlichte er 1815. Nach Napoleons Sturz wurde Héron de Villefosse Kabinetssekretär Ludwigs XVIII.; er wurde Baron, Staatsrat, Generalinspektor I. Klasse und Vicepräsident des Conseil des Mines. 1834 nahm er seinen Abschied und zog sich in die Normandie zurück, wo er am 6. Juni 1852 starb. 1826 schrieb er Mémoire sur l'état actual des mines de fer en France; aufserdem veröffentlichte er viele Aufsätze im Journal und den Annales des Mines. Sein Hauptwerk, über den Mineralreichtum, entstand aus

Digitized by Google

Studien über den Harz aus dem Jahre 1807 und einem officiellen Bericht über das Bergwerks- und Hüttenwesen des neu gegründeten Königreichs Westfalen, welcher 1808 gedruckt worden war. Diesen beiden Teilen schlossen sich zwei weitere Teile, welche im Jahre 1809 verfaſst wurden, an. Der Hauptwert des Werkes beruht in der officiellen Statistik, welche in demselben verarbeitet ist. Héron de Villefosses Mineralreichtum ist das erste gröſsere Werk auf diesem Gebiete und enthält in dem dritten Teile die erste vergleichende Industriestatistik. Der Bruttoertrag bildet die Grundlage der Vergleichung. Im vierten Teile sind die Grundsätze des Bergwerkseigentums, der Bergverwaltung und des Bergrechtes auseinandergesetzt. Diese vier Abschnitte bilden den ersten Band des Werkes, welcher den ökonomischen Teil enthält und 1810 veröffentlicht wurde; der zweite nnd dritte Band bildet den technischen Teil und erschien erst 1819, hiervon behandelt der zweite Band die Bergbaukunde, der dritte Band die Aufbereitung und die Hüttenkunde. Dem Werk ist ein Band Tafeln beigegeben in so vortrefflicher Ausstattung, wie man sie vordem nicht kannte. Obgleich das Werk erst 1819 veröffentlicht wurde, gehört es doch seinem ganzen Inhalt nach in die napoleonische Zeit. 1822 bis 1840 veröffentlichte Carl Hartmann eine sehr oberflächliche deutsche Bearbeitung des Werkes in 7 Bänden.

Es erübrigt, noch einige Reisewerke namhaft zu machen. Als solche nennen wir zuerst die schon wiederholt citierte Reise Erich Th. Svedenstjernas durch einen Teil von England und Schottland in den Jahren 1802 und 1803, welche 1804 in Stockholm erschien und 1811 in deutscher Übersetzung von Joh. G. L. Blumhof; sodann J. F. L. Hausmanns Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807, 5 Bde. mit Kupfer, Göttingen 1811 bis 1818.

Von Fachschriften erwähnen wir W. F. Tiemann, Abhandlungen von der Formerei und Gieſserei auf Eisenhütten, 1803, und Traité du fer et de l'acier, Paris 1804; sowie endlich J. G. L. Blumhof, Vollständige systematische Litteratur vom Eisen, Braunschweig 1803.

Chemie

1801 bis 1815.

Lavoisiers antiphlogistische Lehre brachte Licht in das Dunkel der metallurgischen Prozesse. Nachdem man die Vorgänge bei der Oxydation und Reduktion richtig erkannt und die Chemie der Ver-

Digitized by Google

brennung begriffen hatte, war es nicht mehr schwer, die meisten hüttenmännischen Operationen zu erklären. Über die geheimnisvolle Natur des Eisens in seinen verschiedenen Zuständen hatte die klassische Untersuchung von Vandermonde, Berthollet und Monge Aufschluſs verschafft, und es war nun die Aufgabe der Praxis, diese theoretischen Entdeckungen zu verwerten. Dies schien vielen eine leichte Aufgabe zu sein, besonders den Theoretikern, welche dem praktischen Leben fern standen und nichts ahnten von der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, mit welchen der Hüttenmann zu thun hatte, dem Labyrinth, durch welches bis dahin nur der Ariadnefaden der Erfahrung hindurchgeführt hatte. Unter diesen war es zunächst Clouet, welcher ganz logisch schloſs: wenn Schmiedeeisen, Stahl und Stabeisen nur Verbindungen von Eisen mit mehr oder weniger Kohlenstoff sind, so muſs man sie leicht bereiten können, wenn man nur reines Eisen mit mehr oder weniger Kohle im Tiegel zusammenschmilzt[1]). Da seine Versuche im kleinen seinen theoretischen Voraussetzungen entsprachen, so war er schnell damit fertig, darauf ein neues Fabrikationsverfahren aufzubauen, welches namentlich für die Bereitung des Guſsstahles — das behütete Geheimnis der Engländer — höchst einfach und höchst lohnend zu sein schien. Man brauchte nur das entsprechende Quantum Kohlen abzuwiegen und mit dem Eisen im Tiegel bei genügender Hitze einzuschmelzen, um Guſsstahl zu erhalten. Hierdurch sparte man die langwierige Cementation und hatte es weit mehr in der Hand, einen härteren oder weicheren Stahl zu erzeugen. Dies bewährte sich aber bei der Ausführung im groſsen durchaus nicht. Falsche Beobachtungen führten Clouet noch zu weiteren Irrtümern. Er fand, daſs die Verwandtschaft des Eisens zum Kohlenstoff mit der Hitze zunahm, und da er beim Zusammenschmelzen von Eisen mit Kalk und Thon ohne Zusatz von Kohle ein stahlartiges Produkt erhielt, so behauptete er, daſs bei hochgesteigerter Temperatur die Verwandtschaft des Eisens zum Kohlenstoff so groſs sei, daſs sie sogar die Verwandtschaft des Sauerstoffes zum Kohlenstoff überträfe und deshalb die Kohlensäure zersetze, indem das Eisen derselben den Kohlenstoff entziehe. Hierauf begründete er ein weiteres, noch einfacheres Verfahren der Guſsstahlbereitung, welches wohl hauptsächlich durch seine Absonderlichkeit das gröſste Aufsehen erregte. Eine weitere irrige Angabe Clouets war die, daſs sich Eisen mit Glas zu einem Stoffe verbinde, den er fonte particulière

[1]) Siehe Journal des Mines, Nr. XLIX, an VII (1799), p. 3.

Digitized by Google

nannte und der besondere Eigenschaften haben sollte. Er sei ein Gufseisen, das kalt und warm etwas dehnbar, sehr weich und leicht mit der Feile zu bearbeiten sei.

Clouets Lehre über die verschiedenen Verbindungen des Eisens läfst sich in folgendem Schema ausdrücken:

Eisen mit wenig Kohle giebt Stahl,
Eisen mit mehr Kohle giebt weifses Gufseisen,
Eisen mit noch mehr Kohle giebt graues Gufseisen.

$^1/_{32}$ Kohlenstoff genügt, um Stahl zu machen; bei $^1/_6$ Kohlenstoff ist das Produkt noch schmiedbar, bei mehr Kohlenstoff wird es Gufseisen.

Eisen mit Glas giebt fonte particulière, doch ist die Menge des Glases, welche von dem Eisen aufgenommen wird, nur gering,
Eisen, Glas und wenig Kohle giebt Gufsstahl,
Eisen, Glas und mehr Kohle giebt erst weifses und dann graues Gufseisen,
Eisen, kohlensaurer Kalk und Thon giebt Gufsstahl,
Eisenoxyd und wenig Kohle giebt weiches Eisen,
Eisenoxyd und mehr Kohle giebt Stahl,
Eisenoxyd und noch mehr Kohle giebt weifses Gufseisen,
Eisenoxyd und noch mehr Kohle giebt graues Gufseisen,
Gufseisen und viel Eisenoxyd giebt weiches Eisen,
Gufseisen und wenig Eisenoxyd giebt Stahl,
Gufseisen und weiches Eisen giebt Stahl,
Stahl und Eisenoxyd giebt weiches Eisen,
Schmilzt man Stahl mit Glas, so nimmt er zu viel Glas auf und wird spröde.

Clouet machte seine Versuche in hessischen Tiegeln in einem gewöhnlichen Schmiedefeuer. Zur Fabrikation im grofsen empfiehlt er einen Flammofen, ähnlich den Gufsflammöfen der Kanonengiefsereien. Derselbe sollte eine hohe Esse haben und im Inneren ungefähr so lang wie breit, und grofs genug sein, um vier Tiegel von je 25 Pfd. Einsatz aufnehmen zu können. Als Feuerungsmaterial schreibt er Steinkohle vor, um die erforderliche Hitze zu erzeugen. Clouets Theorie, mit solcher Bestimmtheit vorgetragen, erregte die gröfste Aufmerksamkeit und veranlafste viele Versuche, die aber den erweckten Hoffnungen nicht entsprachen. In Deutschland war es besonders Tiemann, welcher Clouets Versuche teilweise wieder-

Digitized by Google

holte[1]). Dieser fand, dafs die Ergebnisse den Erwartungen durchaus nicht immer entsprachen, indem noch viele andere Faktoren das Resultat beeinflufsten.

Wichtiger waren die Versuche David Mushets. Mushet war der erste englische Fachschriftsteller auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens. Dieser Umstand, wie die Bedeutung seiner zahlreichen Versuche, rechtfertigen eine kurze Beschreibung seines Lebensganges[2]). David Mushet wurde 1772 zu Dalkeith bei Edinburg geboren. Er wuchs im Hüttengewerbe als Metallgiefser auf. Im 19. Lebensjahre trat er als Beamter bei dem Clyde-Eisenwerke, das damals nur zwei Hochöfen hatte, ein und zwar als Buchhalter. Sein Interesse an dem technischen Betriebe war aber so grofs, dafs er alle freie Zeit zu Experimenten verwendete, hauptsächlich zu Schmelzversuchen in Tiegeln. Dadurch wurde er nach einigen Jahren der geübteste Probierer auf dem Werke, so dafs, wenn irgend eine Frage bezüglich der Möllerung oder neuer Erze auftauchte, man den Buchhalter holte. Dafür erhielt er die Erlaubnis, die Probieröfen des Direktors für seine Versuche benutzen zu dürfen. Dies that er, indem er gleichzeitig den Sohn des Direktors im Probieren unterrichtete. Da er den Tag über beschäftigt war, arbeitete er nachts meist bis 2 oder 3 Uhr, schlief dann rasch, indem er sich um $^1/_2$6 Uhr von dem Maschinisten wecken liefs, um um 6 Uhr wieder pünktlich auf seinem Bureau zu sein. Dieser eiserne Fleifs war charakteristisch für Mushet. Er baute sich 2 engl. Meilen von den Clyde-works einen eigenen Ofen für seine Experimente, wo er nachts arbeitete. Sein Treiben mifsfiel aber seinen Vorgesetzten, die ihn für einen anmafsenden Besserwisser ansahen, und eines schönen Tages liefs der Betriebsleiter des Werkes Mushets sämtliche Versuchsöfen zerstören mit dem Befehl, dafs sie nicht wieder aufgebaut werden dürften. Dieses verleidete ihm seine Stellung auf der Clydehütte, nicht aber seine wissenschaftlichen Arbeiten, deren Ergebnisse er jetzt anfing, in einer Reihe von Aufsätzen in dem Philosophical Magazine zu veröffentlichen. Von grofser Wichtigkeit wurde auch in der Folge seine Entdeckung des black-band, jenes schwarzen Kohleneisensteins, auf dem sich die grofsartige Hochofenindustrie Schottlands später entwickelte, im Jahre 1801. Mushet war der erste Engländer, welcher versuchte, der für England so wichtigen Eisenindustrie .eine wissenschaftliche Grundlage zu

---

[1]) Siehe Crells Chem. Annalen 1803, I, S. 235 u. 293.

[2]) Siehe Mushets Papers on Iron and Steel, London 1840.

Digitized by Google

geben. Seine Schriften sind zahlreich und vielseitig. Hier wollen wir uns aber nur mit Mushets Untersuchungen über den Gufsstahl, zu welchen er teilweise durch Clouets Arbeiten veranlafst worden war, kurz beschäftigen. Obgleich Mushet durchaus Autodidakt war und der wissenschaftlichen Vorbildung ermangelte, so sind doch seine Schriften von grofser Klarheit und stechen durch Bestimmtheit und Einfachheit des Ausdrucks vorteilhaft ab gegen viele fachmännische Schriften jener Zeit. Svedenstjerna (Reise nach England 1803/4, S. 163) rühmt seine grofse Klarheit und scharfe Beobachtung, anderseits aber sei er geneigt, aus einzelnen Thatsachen oft zu kühne Schlüsse zu ziehen. Für manche Dinge schuf er sich erst den technischen Ausdruck, der aber meistens so richtig gewählt war, dafs seine Nomenklatur in England allgemein angenommen wurde. In der Praxis hatte er aber kein Glück, woran seine Sucht zu experimentieren zumeist schuld war. Nachdem er die Clyde-works verlassen hatte, verband er sich mit mehreren Kaufleuten zu Glasgow und erbaute das Calder Eisenwerk. Er übernahm die Direktion, die aber so unglücklich ausfiel, dafs er über 10000 £ Schaden machte. Das Werk wurde eingestellt, kam zum Zwangsverkauf, und Mushet verlor sein Vermögen.

Seine theoretische Anschauung der Konstitution des Eisens hatte er von den Franzosen entnommen und mit diesen nahm er einen Sauerstoffgehalt im Roheisen an. Er unterschied folgende Roheisensorten [1]):

1. Oxygenated crude iron, welches wenig Kohlenstoff und viel Sauerstoff enthält: grelles oder weifses Gufseisen.
2. Carbo-oxygenated crude iron, in welchem Kohlenstoff und Sauerstoff in gleichem Verhältnis gemischt sind, entsprechend halbiertem oder hellgrauem Gufseisen.
3. Carbonated crude iron, graues Gufseisen, und
4. Super carbonated crude iron, mit Graphit überladenes, blauschwarzes, grofsblätteriges Giefsereieisen.

Stahl bezeichnet er als Eisen gemengt mit Kohle in gasförmigem Zustande (a mixture of iron with carbon in an aëriform state).

Seine Tiegelschmelzversuche hatten zunächst das negative Resultat, dafs er nachweisen konnte, dafs Clouets Gufsstahlbereitung durch Schmelzen von Stabeisen mit kohlensaurem Kalk auf einem

[1]) Siehe Philos. Magazine II, p. 155.

Digitized by Google

Irrtum beruhe, indem ein stahlartiges Produkt hierbei nur dann erhalten würde, wenn die kohlenden Gase des Brennmaterials in den Tiegel eindringen könnten. Dagegen gelang es ihm allerdings, Gufsstahl durch Zusammenschmelzen von Stabeisen mit Kohlen bei sehr hoher Temperatur zu erzeugen. Das Ergebnis seiner Untersuchungen ist kurz zusammengestellt in dem Patent, welches er am 13. November 1800 nahm (Nr. 2447)[1]).

„Gemenge von Schmiedeeisen mit Holzkohle, Koks, Graphit oder anderen kohlenden Substanzen werden in Tiegeln in Öfen, welche eine grofse Hitze erzeugen, geschmolzen, wodurch Gufsstahl erzeugt wird, welcher in Ingots oder Formen ausgegossen werden kann. Durch Abänderung des Kohlenzusatzes von $^1/_{200}$ bis zu $^1/_{40}$ des Gewichtes des Eisens lassen sich verschiedene Stahlsorten darstellen und wird das Eisen um so weicher und leichter zu schweifsen, je geringer der Kohlenzusatz ist. Stabeisen kann auch für sich geschmolzen werden, wobei es aber etwas Kohle aus den Feuergasen aufnimmt, wodurch ein ganz weicher Stahl entsteht. Wenn etwa $^1/_{40}$ Kohle zugesetzt wird, läfst sich der Stahl in Formen gieſsen und lassen sich diese Stahlgufsstücke feilen und polieren. Dieser Prozefs macht die Cementation des Eisens vor dem Einschmelzen zu Gufsstahl überflüssig. Auch das Ausschmelzen der Erze im Hochofen und die Umwandlung des erhaltenen Roheisens in Stabeisen läfst sich vermeiden, wenn man reiche, reine Erze, nachdem man sie geröstet hat, mit soviel Kohle zusammenschmilzt, dafs daraus Gufsstahl (Erzstahl) entsteht.“ In das Patent hat Mushet auch die übrigen von Clouet angegebenen Methoden, insbesondere das Schmelzen mit Kalk, Kreide oder anderen Karbonaten und mit Thon, Glas oder anderen Flüssen mit aufgenommen.

Der Erfinder giebt ferner an, dafs durch mehrtägiges Glühen seines Gufsstahls in Kohle oder Erde derselbe so schweifsbar werde wie deutscher Stahl. Die Koks bereitete er in geschlossenen Gefäfsen oder Kammern, welche von aufsen geheizt wurden. Einen besonderen Erfolg hatte Mushet mit seinem Patent nicht, doch führten seine Untersuchungen später zu dem wichtigen Verfahren von Heath.

Die Ansicht, dafs der Sauerstoff ein wesentlicher Bestandteil des Roheisens sei, war noch im Anfange des 19. Jahrhunderts ziemlich allgemein angenommen; in Deutschland war es namentlich Lam-

---

[1]) Ferner findet man eine kurze Beschreibung seines Verfahrens in Crells Chemischen Annalen 1802, I. Bd., S. 218.

Digitized by Google

padius, welcher daran festhielt und dieselbe durch sein Ansehen als Chemiker und Professor der Hüttenkunde in Freiberg deckte. Dieser Irrtum, wie mancher andere, erhielt sich hauptsächlich deshalb, weil die quantitative chemische Analyse immer noch nicht in ausreichender Weise als Kontrolle angewendet wurde. Auch waren die Untersuchungsmethoden noch nicht genau genug. Mehr und mehr aber fing die chemische Analyse an, das herrschende Dunkel aufzuhellen, und es ist ein anziehendes, bewunderungswürdiges Schauspiel, wie eine Frage nach der anderen durch die sorgfältige Gewichtsermittelung der chemischen Bestandteile mittels der Wage gelöst wurde. Zu diesen für die Geschichte des Eisens wichtigen Fragen, welchen um diese Zeit besondere Aufmerksamkeit zugewendet wurde, gehörten die über die Sauerstoffverbindungen des Eisens und die Zusammensetzung der Erze.

Die Sauerstoffverbindungen des Eisens, wie sie dem Hüttenmanne vorkommen, sind höchst mannigfaltiger Art. Glüht man das Eisen an der Luft, so nimmt es Sauerstoff auf; das gebildete Produkt zeigt aber einen wechselnden Sauerstoffgehalt. Ebenso haben viele Erze, z. B. die magnetischen Eisenerze Schwedens, einen verschiedenen Sauerstoffgehalt. Es war deshalb nicht zu verwundern, dafs viele Chemiker geneigt waren, anzunehmen, dafs sich das Eisen in unendlichem, fortschreitendem Verhältnis mit dem Sauerstoff verbände. Diese Lehre vertrat besonders Berthollet, der es als ein allgemeines Gesetz aufstellte, dafs die Körper sich in unendlich vielen progressiven Verhältnissen miteinander verbinden und sich dabei besonders auch auf die wechselnden Oxydationsstufen des Eisens stützte. Dem trat zuerst Proust entgegen, der nachwies, dafs es keine solche unendliche Progression in der Natur gäbe, sondern dafs alle bestimmt charakterisierten Körper auch nach bestimmten Verhältnissen ihrer Elemente gemischt sind. Dies liefs sich für viele Körper nachweisen, für viele aber auch nicht, und es gelang erst Berzelius 1810 durch gründlichere methodische Untersuchungen, diesem wichtigen Gesetze der chemischen Proportionen eine feste Grundlage zu geben [1]). Durch die Ermittelung der Äquivalentgewichte und der Proportionen erhielt die Chemie eine mathematische Sicherheit.

---

[1]) Siehe die wichtige Abhandlung von Berzelius: Versuch, die bestimmten und einfachen Verhältnisse aufzufinden, nach welchen die Bestandteile der unorganischen Natur miteinander verbunden sind, im Journal der Physik, Bd. 37 und 38, aus dem dritten Teile der Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi af Hisinger och Berzelius, Stockholm 1880.

Digitized by Google

Thenard, Darso und Buchholz hatten bereits 1806 versucht, die verschiedenen Oxydationsstufen des Eisens chemisch festzustellen[1]).

Buchholz war der Wahrheit am nächsten gekommen; da er aber gewöhnliches Stabeisen zu seinen Versuchen wählte, welches noch Kohlenstoff und sonstige fremde Substanzen enthielt, so fielen seine Resultate fehlerhaft aus. Berzelius nahm dieselbe Untersuchung mit gröfserer Vorsicht vor.

Damals herrschte die Ansicht, welche Proust vertrat, dafs, soweit man überhaupt bestimmte Sauerstoffverbindungen des Eisens annahm, es zwei Oxyde des Eisens gäbe, das schwarze und das rote. Allerdings hatte bereits Thenard den weifsen Niederschlag, welchen Ammoniak aus der Lösung einer frisch bereiteten Auflösung von Eisen in Salzsäure oder Schwefelsäure fällte, für Eisenoxydul, die niedrigste Sauerstoffverbindung des Eisens, erklärt; er nahm aber dabei nicht weniger als sechs verschiedene Eisensalze mit Schwefelsäure an. Buchholz hatte das Oxydul mit grofser Mühe und Sorgfalt untersucht und seinen Sauerstoffgehalt nahezu richtig bestimmt, nämlich zu 23. Berzelius bestimmte das Eisenoxydul auf 77,22 Tle. Eisen und 22,78 Tle. Sauerstoff und das Eisenoxyd auf 60,34 und 30,66 Tle. in 100 Tln., das letztere also Sesquioxyd. Das schwarze magnetische Oxyd erwies sich, ebenso wie der Hammerschlag, als Gemenge von Oxyd und Oxydul, wobei allerdings reines Magneteisenerz sich als konstante Verbindung von 1 Äquivalent Eisenoxydul mit 1 Äquivalent Eisenoxyd darstellte, welche auch als proportionale Verbindung von 3 Äquivalenten Eisen auf 4 Äquivalente Sauerstoff aufgefafst werden konnte. Berzelius fand, dafs schon eine ganz geringe Beimengung von Oxydul zu dem Oxyd hinreiche, dasselbe magnetisch zu machen[2]). Die französischen Chemiker Thenard und Gay-Lussac nahmen hierauf drei Oxydationsstufen des Eisens an, die sie als weifses (FeO), schwarzes (Fe^3O^4) und rotes Oxyd (Fe^2O^3) bezeichneten. Berzelius aber widersprach der Behauptung der französischen Chemiker, dafs das schwarze Oxyd selbständige Salze bilde. Dieselben seien vielmehr Gemenge von Oxyd- und Oxydulsalzen. Da sich auch in der Natur, namentlich in den magnetischen Eisenerzen Schwedens, der Sauerstoffgehalt, welchen die Franzosen zu 37,8 Proz. angegeben hatten, nicht finde, sondern sehr verschiedene Gemische von Oxyd

---

[1]) Siehe Gehlens Journal für Chemie, Physik und Mineralogie, Bd. III, S. 643, 661 und 696.

[2]) Siehe Gilberts Annalen, Bd. 28, S. 231.

Digitized by Google

und Oxydul, so hält er das angebliche schwarze Dreiviertelоxyd ebenfalls nur als ein Gemenge von Oxyd und Oxydul[1]).

An diese Untersuchungen über die Oxyde des Eisens reihte sich die wichtige Untersuchung Hausmanns[2]) über die Oxydhydrate, oder, nach der Ausdrucksweise jener Zeit, über die gelben Oxyde. Dafs Brauneisensteine, Thoneisensteine, Raseneisensteine, Bohnerze u. s. w. Wasser enthielten, war bereits von verschiedenen Chemikern, wie Lampadius, Vauquelin, Klaproth, Proust u. s. w., nachgewiesen worden. Proust hatte bereits aus seiner Analyse des gelben Ockers von Artana geschlossen, dafs derselbe Eisenoxyd in dem Zustande des Hydrates sei[3]). Um die genaue quantitative Zusammensetzung zu ermitteln, untersuchte Hausmann den gelben Ocker, der sich aus den Wassern des Rammelsberges bei Goslar absetzte. Er fand darin Eisenoxydhydrat, vermischt mit etwas Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul und Schwefelsäure. Das Verhältnis des Eisenoxyds zum Wasser betrug 80,975 zu 19,025 in 100 Tln. Hausmann stellte nun reines Eisenoxydhydrat künstlich dar, und da dies dieselbe Zusammensetzung zeigte, so kam er zu dem Schlusse, dafs es „ein Eisenoxydhydrat — eine chemische Verbindung von vollkommenem Eisenoxyd und Wasser in einem konstanten quantitativen Verhältnis der beiden Bestandteile“ gäbe, in welchen 1 Äquivalent Eisenoxyd mit 3 Äquivalenten Wasser, entsprechend der Formel $Fe^2O^3.3HO$, verbunden wäre, oder 81,142 Proz. Eisenoxyd und 18,858 Proz. Wasser in 100 Tln.[4]). — In reinem Zustande findet sich das Eisenoxydhydrat nur selten. In den Erzen, welche Eisenoxydhydrat enthalten, ist es immer mit anderen Stoffen vermischt, so in den roten Thoneisensteinen aufser mit Thon und Kieselerde mit Eisenoxyd; in den Seeerzen in ähnlicher Weise mit Eisenoxydul; in vielen Thoneisensteinen mit kohlensaurem Eisenoxydul, im Brauneisenstein mit Manganoxyd, im Kupferziegelerz mit Kupferoxyd, im Limonit (muscheligem Raseneisenstein) mit phosphorsaurem Eisenoxydul, im Eisenpecherz mit schwefelsaurem Eisenoxydul.

In Frankreich machte um dieselbe Zeit d'Aubuisson eine Reihe chemischer Untersuchungen, um zu beweisen, dafs die Brauneisen-

---

[1]) Siehe Annalen der Physik, Bd. 42, S. 277.

[2]) Annalen der Physik 1811, Bd. 38, S. 1. Die Untersuchungen waren aber bereits 1808 abgeschlossen, siehe S. 107.

[3]) Journal de Physique, T. LXIII, Dez. 1806.

[4]) In der zweiten Auflage verbesserte Karsten diese Zahlen zu 85,3 Eisenoxyd und 14,7 Wasser.

Digitized by Google

steine und die verwandten Rasenerze, Bohnerze u. s. w. Eisenoxydhydrate (Fer hydraté) seien. In dem faserigen Brauneisenstein (Glaskopf) fand er 14½ Proz. Wassergehalt. Er veröffentlichte 16 Erzanalysen. Danach enthalten alle diese Erze Eisenoxyd und Wasser und zwar in dem Verhältnis von 85 : 15.

Durch diese Untersuchungen der Eisenoxyde und Oxydhydrate war Licht über die Natur der meisten Eisenerze verbreitet worden. Weitere Aufklärung verschafften die Untersuchungen von Berzelius und Strohmeyer über die Kieselsäure. Man hatte früher die Kieselsäure schlechthin als eine Erdart angenommen. Nachdem es aber Davy gelungen war, verschiedene andere Erdarten zu zerlegen und als Sauerstoffverbindungen mit metallähnlichen Elementen nachzuweisen, begann man auch die Natur der Kieselsäure näher zu erforschen. Berzelius unterwarf 1810 in dieser Absicht ein Gemenge von Eisenfeile, Kohlenpulver und Kieselerde in verschlossenen Tiegeln einem sehr heftigen Gebläsefeuer und erhielt dadurch einen Regulus, der in Säuren gelöst eine grofse Menge Kieselsäure zurückliefs, und mit Schwefelsäure behandelt mehr Wasserstoff entwickelte, als einer gleichen Gewichtsmenge reinen Eisens entsprach[1]). Berzelius schlofs, dafs die Kieselsäure durch diese Behandlung mit Kohle und Eisen reduziert worden sei und sich mit dem Eisen verbunden habe. Dies veranlafste Strohmeyer zu eingehenderer Untersuchung, um so mehr, weil er dadurch hoffte, auch bessere Aufklärung über die Natur des Stahls und Gufseisens zu erlangen und vielleicht dadurch zur Verbesserung des Eisenhüttenprozesses beizutragen. Er verfuhr in derselben Weise wie Berzelius und erhielt vier verschiedene Sorten von Ferrosilicium, welche nach der Analyse 4,8 bis 20 Proz. Kieselerde ergaben. Die an Silicium reichsten Varietäten waren blätterig-körnig und glichen grauem Gufseisen, während die an Silicium ärmeren dem weifsen Eisen und dem Stahl glichen. Aus diesen Versuchen ergab sich, dafs die Kieselsäure durch diese Behandlung wirklich zu einem metallischen Körper reduziert wurde, welcher sich mit dem kohlenstoffhaltigen Eisen verband. Die Zusammensetzung der Kieselerde fand er annähernd zu 46 Tln. Sauerstoff und 54 Tln. Silicium. Der Siliciumgehalt der vier dargestellten Reguli betrug demnach 2,21 bis 9,27 Proz.

Diese Untersuchungen bewiesen, dafs das Silicium im Roheisen nicht als Kieselsäure, sondern als Metall enthalten sein mufste.

---

[1]) Siehe Gilberts Annalen der Physik, Neue Folge, Bd. VI, S. 89.

Digitized by Google

Dadurch wurde Clouets Theorie von dem Glasgehalt des Eisens völlig hinfällig, und man wurde zu richtigeren Eisenanalysen geführt, indem man bis dahin das Silicium immer als Kieselerde im Eisen berechnet hatte.

Die Wichtigkeit des Mangans oder Braunsteinmetalles namentlich für die Stahlbereitung hatte man schon im 18. Jahrhundert erkannt. Um die Wende des Jahrhunderts legten Theoretiker und Praktiker dem Mangan sogar eine übertriebene Bedeutung bei und einzelne gingen so weit, zu behaupten, dafs es ohne Mangan keinen Stahl gäbe und dafs die Stahlbildung durch die Anwesenheit von Mangan erst bedingt werde.

Bergman hatte bereits die Anwesenheit von Mangan im Eisenspat nachgewiesen. Berthollet fand, dafs der deutsche Stahl immer eine kleine Menge Braunsteinmetall enthalte und machte auf die Wichtigkeit desselben aufmerksam. Gazeran untersuchte (1800) die Erze Frankreichs speciell auf ihren Mangangehalt und behauptete, die französische Stahlfabrikation sei deshalb so zurückgeblieben, weil sie die Bedeutung des Mangans nicht beachtet habe. Nach seiner Ansicht ist der Stahl nichts anderes als reines Eisen mit Braunstein und Kohle verbunden, deshalb könnten nur braunsteinhaltige Erze Stahl geben. Ein Rohstahleisen müsse 3 bis $4^1/_3$ Proz. Mangan enthalten und der daraus bereitete Stahl noch 2 bis $2^1/_2$ Proz. Die deutschen Rohstahleisen, welche aus Spateisenstein geschmolzen wurden, enthielten 4 bis $4^1/_2$ Proz. Mangan, und die besseren deutschen Stahlsorten alle wenigstens 2 Proz. Es sei etwa doppelt so viel Mangan als wie Kohlenstoff im Stahl enthalten. Das Braunsteinmetall bestimme deshalb wesentlich die Qualität des Stahls. Er teilt folgende chemische Zusammensetzung eines deutschen Stahls mit:

Eisen	96,84
Mangan	2,16
Kohlenstoff	1,00
	100,00

Der Spateisenstein sei wegen seines Mangangehaltes das beste Erz für Rohstahleisen. Die Abwesenheit von Mangan in den Erzen sei der Grund, warum manche Eisensorten zur Stahlfabrikation untauglich seien. Auf den Hütten, wo man in der Nähe Braunsteinerze habe, könne man diese mit gutem Erfolge mit den Eisenerzen vermischen, um die Güsse, welche zum Stahlmachen bestimmt seien, denen ähnlich zu machen, die man aus Spaterzen erhalte. In Frank-

Digitized by Google

reich gäbe es nur in fünf Departements Spaterze, welche sehr hoch geschätzt würden; in diesen sollte man die Stahlbereitung vervollkommnen, um Frankreich von dem schweren Tribut von 4 Millionen Franken, den es jährlich für Stahl an das Ausland zahle, zu befreien.

Zu diesem Aufsatze bemerkt der Übersetzer Crell, dafs der Braunstein zur Stahlbildung nicht absolut nötig sei, er bewirke nur einen besseren Flufs und dadurch die reinere Abscheidung des Metallkönigs [1]).

In dem folgenden Jahre 1802 veröffentlichte J. G. Stünckel jun. eine Abhandlung über den Einflufs des Braunsteines auf die Erzeugung des Eisens im grofsen [2]). Diese tüchtige Arbeit basiert allerdings etwas einseitig auf den Erfahrungen des Verfassers auf der Eisenhütte zu Mägdesprung am Harz, wo man, um weifses strahliges Eisen für das Stahlfeuer zu erhalten, Flinz (Eisenspat) zusetzte, enthält aber viel Richtiges. Etwas zu weitgehend ist Stünckels allgemeine Behauptung: „Alle Eisensteine, welche Braunstein enthalten, geben bei jeder Schmelzmethode weifses strahliges Roheisen.“ Ohne braunsteinhaltige Erze sei es nicht möglich, solches Roheisen zu erzeugen. Die betreffenden Erze seien Spateisensteine und manganhaltige Brauneisensteine. Um weifses strahliges Eisen zu erhalten, schmelze man dieselben besser im Blauofen. Im Hochofen könne man bei einem Zusatz von der Hälfte dieser Erze noch graues Roheisen erhalten, während es im Blauofen immer weifs falle. Eine merkwürdige und vortreffliche Eigenschaft des Braunsteines sei die, dafs er die übeln Einwirkungen vernichte, welche der häufig anwesende Schwerspat zu äufsern pflege. Als Beispiele hierfür führt er Schmalkalden und Gittelde an. Quantz habe dies daraus erklärt, dafs der Sauerstoff des Braunsteines die Reduktion der Schwefelsäure verhindere. Ähnlich sei aber auch die Wirkung bei Gegenwart von Schwefelkies. Die braunsteinhaltigen Erze seien leichtflüssig, deshalb könne man zu ihrer Schmelzung Blau- und Flofsöfen anwenden, während andere Erze für diese Öfen zu strengflüssig seien. Stahl liefse sich nur aus braunsteinhaltigem Eisen frischen. Diese Behauptung erläutert Stünckel in folgender Weise. Das weifse Eisen erfordert mehr Zeit und Arbeit zum Frischen als das graue, weil es ganz flüssig einschmilzt. Dadurch entzieht es sich unter der schützenden Schlacken-

[1]) Siehe Crell, Chem. Annalen 1801, Bd. II, S. 52.
[2]) Hoffmanns Neues bergmännisches Journal 1802, Bd. III, S. 443.

Digitized by Google

decke der Wirkung des Windes und mufs oft aufgebrochen werden, um zu frischen. Hierbei läfst sich aber auch der Zeitpunkt der Stahlbildung nicht so leicht verfehlen, als bei dem grauen, welches langsam einschmilzt und gleich gart. Den chemischen Vorgang erklärt Stünckel nach der herrschenden Anschauung seiner Zeit in der Weise, dafs sich der in dem Roheisen vorhandene Sauerstoff mit dem Mangan verbunden ausschmelze und reines Eisen mit Kohlenstoff zurückbleibe. Sei ein Überschufs an Mangan vorhanden, so bleibe dieser im Stahl und bewirke, dafs dieser besser im Feuer stehe, wie dies ein besonderer Vorzug des deutschen Stahls sei. Die Chemiker suchten seit jener Zeit den Mangangehalt im Roheisen quantitativ zu bestimmen, wie aus den von Hassenfratz mitgeteilten Roheisenanalysen hervorgeht[1]).

Diese theoretischen Untersuchungen waren von grofser Bedeutung; dafs sie aber in Deutschland und Frankreich damals einen besonderen Einfluſs auf die Praxis geübt hätten, läfst sich nicht nachweisen. Die Praxis war der Theorie vorausgeeilt und letztere diente nur zur Aufklärung der gebräuchlichen Verfahren. In England nahm dagegen der unermüdliche John Wilkinson auf den künstlichen Zusatz von Mangan ein Patent und gründete darauf eine neue Darstellungsweise. Sein Patent (Nr. 3097) vom 23. Januar 1808 ist erteilt für die Bereitung von Roh- und Gufseisen, um daraus Stabeisen von gleicher Güte, wie das russische, darzustellen. Die Erfindung besteht in der Anwendung von Mangan oder manganhaltigen Erzen als Zusatz zu den Eisenerzen.

Im zweiten Decennium des 19. Jahrhunderts hat sich Karsten in seiner Eisenhüttenkunde 1816 am deutlichsten über die wichtige Rolle des Mangans ausgesprochen. Er steht dabei ziemlich auf dem Standpunkt Stünckels. Nach ihm teilt das Mangan dem Eisen mehr Härte mit, ohne seiner Geschmeidigkeit und Zähigkeit Abbruch zu thun. Es mache ferner das Roheisen leichtflüssiger, weifs und strahlig. Das natürliche weifse Roheisen ist nach Karsten Eisen, welches mit Mangan und Kohle verbunden ist. Das Mangan besitze die Eigenschaft, Roheisen weifs zu färben, im höchsten Grade und bei einem hohen Mangangehalt der Eisenerze sei es, auch bei dem garsten Gange des Hochofens, ganz unmöglich, graues Eisen zu produzieren. Er vermutet, dafs sich das Mangan in jedem Verhältnis mit dem Eisen mischen lasse. Das weifse Roheisen, welches kein Mangan

[1]) Sidérotechnie I, p. 50 u. 51.

Digitized by Google

enthalte, hält Karsten nur für ein unfertiges graues Eisen, ein unvollkommenes Produkt, dessen Erzeugung nur durch besondere lokale Umstände gerechtfertigt werden könne. Dagegen giebt Karsten zu, dafs es Stahl geben könne, der keine Spur von Mangan enthalte, während auch Stabeisen beträchtliche Mengen davon enthalten könnte. Für die Natur des Eisens sei der Kohlengehalt allein mafsgebend, der Mangangehalt werde nur stets eine gröfsere Härte bedingen, die aber mit der Stahlhärte keine Verwandtschaft habe. Er erklärt die Meinung derjenigen für irrig, welche behaupteten, dafs der Stahl immer Mangan enthalten müsse, noch mehr die Ansicht, dafs es nur von der gröfseren oder geringeren Zerstörung des Mangangehaltes abhänge, ob das Produkt des Frischens Stabeisen oder Stahl sei. Dagegen komme die Härte, die das Mangan verleiht, der Stahlhärte noch zu gut.

Einen Kupfergehalt im Eisen hielt man früher für sehr schädlich. Dieser Auffassung war zuerst Rinman entgegengetreten, indem er behauptete, dafs ein mäfsiger Kupfergehalt das Roheisen sogar fester, härter und zäher mache, weshalb er einen Zusatz davon für besonders festen Gufs, z. B. für Anker, Geschütze u. s. w., empfahl. Allgemein nahm man an, dafs schon ein geringer Kupfergehalt das Schmiedeeisen rotbrüchig mache. Karsten aber fand durch Versuche, die er deshalb in Oberschlesien anstellen liefs, dafs ein geringer Zusatz von Kupfer dem Schmiedeeisen durchaus nicht nachteilig sei, sondern dasselbe eher härter und fester mache.

Über die wichtigste Verbindung des Eisens, diejenige mit Kohlenstoff, wurden im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts neue Thatsachen nicht veröffentlicht. Die Ansichten der französischen Chemiker blieben mafsgebend und auch Lampadius, der in dieser Zeit als erste Autorität auf dem Gebiete der metallurgischen Chemie galt, hielt an der Lehre der Franzosen, dafs das Roheisen neben seinem höheren Kohlenstoffgehalt durch einen Gehalt von Sauerstoff charakterisiert sei, fest. Er dachte sich diesen Sauerstoff als Eisenoxydul, welches in dem metallischen Eisen aufgelöst sei, vorhanden. In seinem Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde von 1810 schreibt er, beim Frischen wird das in dem Roheisen enthaltene Eisenoxydul abgesondert und in die Schlacke gesaigert; ein Teil des Gewichtsverlustes beim Frischen rührt von dieser Absonderung des mit Sauerstoff verbundenen Eisens her.

Neues Licht wurde dagegen im Anfang des Jahrhunderts über das natürliche Eisen, das Meteoreisen, verbreitet (Bd. I, S. 20).

Digitized by Google

Durch zahlreiche Analysen wurde nachgewiesen, dafs das siderische Eisen stets Nickel, aber keinen Kohlenstoff enthielt.

Die ersten richtigen Analysen veröffentlichte Klaproth. 1798 hatte er das Meteoreisen von Agram untersucht und darin 96,50 Tle. Eisen und 3,50 Tle. Nickel gefunden [1]); ferner in dem von Durango 96,75 Tle. Eisen und 3,25 Tle. Nickel. Proust hatte 1799 das gediegene Eisen von Tucuman zerlegt und darin ebenfalls einen Nickelgehalt nachgewiesen.

Eine interessante systematische Untersuchung stellte Vauquelin 1806 an, indem er Raseneisensteine aus Burgund und der Freigrafschaft, die dazu verwendeten Zuschläge und das daraus geschmolzene Roheisen, Gareisen und die Schlacken analysierte [2]). Er wollte dadurch zu einer richtigen Erkenntnis der chemischen Vorgänge bei den Hüttenprozessen kommen und sprach die Ansicht aus, dafs, wenn gleichartige Versuche auf allen Hütten gemacht würden, dies eine grofse Förderung für die Hüttenkunde sein würde.

Er untersuchte die Kalksteine von Drambon (vier Stunden von Dijon) und von Pesme, die als Zuschlag verwendet wurden, und fand, dafs beide, namentlich aber letzterer, fast ganz aus kohlensaurem Kalk beständen, mit einer geringen Beimengung von phosphorsaurem Kalk, welche aber nicht $^1/_5$ Proz. betrug. — Sodann analysierte er zuerst die Frischschlacke der Hütte von Drambon, weil in dieser alle Verunreinigungen des Roheisens enthalten sein mufsten. Die qualitative Analyse ergab die Anwesenheit von Eisenoxydul, Manganoxyd, Kalk, Thonerde, Kieselsäure, Phosphorsäure und Chrom. Hiernach untersuchte Vauquelin den Raseneisenstein von Drambon und fand darin dieselben Stoffe. Nun untersuchte er das Roheisen von Drambon. Beim Auflösen ging mit dem Wasserstoff ein öliges Gas fort, dessen stinkenden Geruch er einer Beimischung von Phosphor zuschrieb. Auch der Rückstand der Lösung in Schwefelsäure enthielt von dieser öligen Substanz, welche er mit Alkohol auszog und durch Verdunsten derselben isolierte. In dem Roheisen fand er aufserdem Kohleneisen, Phosphoreisen, Mangan, Chrom, Kieselerde und Thonerde, und zwar in weifsem Eisen mehr als in grauem. Der Rückstand der Auflösung in verdünnter Schwefelsäure betrug etwas über 5 Proz. Das hieraus gefrischte Schmiedeeisen gab nur 3 Proz. Rückstand

---

[1]) Siehe N. allgem. Journal der Chemie, Bd. I, S. 13 und Klaproths Beiträge zur chem. Kenntnis der Mineralkörper, Bd. IV, S. 99.

[2]) S. Journal des Mines, Vol. XX, p. 381.

Digitized by Google

und das Schmiedeeisen von Pesme sogar nur $1^1/_2$ Proz. In dem Niederschlage war noch ein merklicher Anteil Phosphorsäure enthalten. Vauquelin glaubte, dafs Phosphor, Mangan und Chrom die Ursachen des Kalt- und des Rotbruchs seien.

Vauquelins Untersuchung war nur ein interessanter Versuch, dessen Wert beeinträchtigt wurde durch falsche Voraussetzungen über die Konstitution des Roheisens. Auch Prousts gleichzeitige Untersuchungen über das Roheisen[1]) haben keinen gröfseren Wert; die analytische Chemie war noch nicht so weit vorgeschritten, um der schwierigen Aufgabe einer Roheisenanalyse gewachsen zu sein.

Ähnliche Untersuchungen stellten in den folgenden Jahren Guenyveau und namentlich Berthier in Frankreich an. Ersterer untersuchte die Erze und Schlacken von dem Koksofenbetrieb zu Creusot[2]).

Die Meilerkokes, welche man verwendete, waren gut und enthielten 96,7 Kohlenstoff, 0,3 Schwefel und 3,0 Asche. Die Kokes aus Staubkohlen hatten folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	89,24	
Eisenoxyd	6,66	10,76 Asche
Kalk	3,00	
Thonerde	0,33	
Kieselsäure	0,77	

Die Eisenerze von Creusot waren sehr unrein; wir haben dieselben schon früher beschrieben. Die Erze von Chalancey enthielten 29 Proz. Eisenoxyd und 30 Proz. Wasser und Kohlensäure, die Erze von Rinsivry 22,6 Eisenoxyd und 68,6 Kieselsäure. Die Hochofenschlacke bestand aus:

	bei gutem Ofengang	bei schlechtem Ofengang
Kieselsäure	49,6	39,5
Kalkerde	30,0	35,6
Thonerde	15,0	18,0
Eisenoxyd	3,0	3,0
	97,6	96,1

Das graue Roheisen, welches leicht zu zerschlagen, sogar zu pulvern war, hatte angeblich folgende Zusammensetzung:

---

[1]) S. Journal de Physique, T. LXIII, Dec. 1806, p. 463.

[2]) De quelques minerais de fer et produits de fourneau du Creusot par M. Guenyveau. — Journal des mines 1807, Nr. 132, p. 439.

Digitized by Google

Kieselsäure	3,5	
Thonerde	0,8	
Kalkerde	0,5	5,85
Schwefel	0,3	
Phosphor	0,75	
Kohlenstoff	2,10	
Eisen	93,15	
	101,10	

Der hohe Phosphorgehalt machte das Eisen besonders brüchig und für den Geschützguſs ungeeignet.

Die noch gründlicheren Untersuchungen von Berthier (1808) über Schlacken und Eisen der Hochöfen von Mont Blanc und Allevard und die Stahlfrischhütten von Rives können wir hier nur erwähnen [1]).

Die Eisenanalysen waren damals durchweg noch sehr unvollkommen. Dasselbe läſst sich von den älteren Eisenerzanalysen sagen. Solange man keine richtigen Kenntnisse der Oxydationsstufen des Eisens, der Oxyde und der Oxydhydrate hatte, konnten auch die Analysen nicht richtig berechnet werden; weit mehr noch waren aber die unvollkommenen analytischen Methoden an der Mangelhaftigkeit der Resultate schuld. Der Eisengehalt wurde meistens durch die trockene oder Schmelzprobe bestimmt. Da hierbei ein Roheisenkorn fiel, welches Kohlenstoff und auch noch sonstige Beimengungen enthielt, so fiel der Eisengehalt stets zu hoch aus. Die übrigen Bestandteile wurden für sich ermittelt und die sich ergebende Differenz als Sauerstoff aufgeführt. Die Fällung als Berlinerblau nach Bergmans Verfahren gab ebenfalls einen zu hohen Eisengehalt. Da auch die übrigen Bestandteile, wegen mangelhaften Auswaschens u. s. w., in der Regel zu hoch ausfielen, so ergab die Summe der Bestandteile eine höhere Zahl als 100. Die Chemiker hatten nun die schlechte Gewohnheit, nach Willkür oder vorgefaſsten Meinungen die Zahlen auf die Summe von 100 zu reduzieren; dadurch verringerten sie noch den Wert ihrer unvollkommenen Arbeiten. Klaproth war der erste, der den Mut und die Gewissenhaftigkeit hatte, seine analytischen Untersuchungen nach ihrem wirklichen Ausfall zu veröffentlichen. Dadurch haben seine Analysen, abgesehen von ihrer gröſseren Genauigkeit, einen bleibenden Wert und sein Verfahren fand allgemeine Nachahmung.

Die trockene Probe für die Eisenbestimmung blieb indes noch

[1]) S. Annales des arts et manuf. 31. August 1808.

Digitized by Google

lange Zeit allein maſsgebend; man schrieb ihr eine gröſsere Genauigkeit als der nassen zu. Sie wurde noch in derselben Weise ausgeführt, wie früher, nur wählte man schwerer schmelzbaren Fluſs. Derartige Flüsse haben Guyton de Morveau, Kirwan und Chaptal angegeben; Glas und Borax bildeten deren Hauptbestandteile [1]). Über die Wirkung der Flüsse beim Probieren der Eisenerze durch Schmelzung hatte der schwedische Professor Gadolin schon 1794 eine gründliche Untersuchung veröffentlicht [2]). Welche falsche Vorstellungen von dem Eisengehalt der Erze man aber durch die trockene Probe bekam, ersieht man aus Lampadius' Hüttenkunde von 1810. Kirwan hatte den Eisengehalt des Magneteisensteins auf 80 Proz. bestimmt. Lampadius bezweifelt die Richtigkeit dieser Angabe und hält sie für zu niedrig, da seine Proben auf trockenem Wege 87 bis 89 Proz. Roheisen ergeben hätten [3]). Ebenso hält er Kirwans Angabe über den Eisengehalt des Eisenglanzes von 70 bis 76 Proz. für zu niedrig, da die trockene Probe 80 Proz. ergäbe. In Wahrheit waren aber auch Kirwans Angaben noch zu hoch, indem reines Magneteisen nur 72,4 Proz. und Eisenglanz 70 Proz. Eisen enthalten.

Die chemische Zusammensetzung des Spateisensteins war zuerst und fast gleichzeitig von Bayen in Frankreich [4]) und von Bergman in Schweden [5]) untersucht worden. Bayen wies 1777 zuerst mit Bestimmtheit nach, daſs das Eisen darin mit Kohlensäure (fixer Luft) verbunden sei; Bergman machte den hohen Gehalt an kohlensaurem Mangan bekannt. Klaproth untersuchte Spateisenstein von Dankerode im Halberstädtischen (I) und aus dem Bayreuthischen (II). Er fand darin:

	I	II
Eisenoxydul	57,50	58,00
Manganoxydul . . .	3,50	4,25
Kalkerde	1,25	0,50
Talkerde	—	0,75
Kohlensäure	36,00	35,00
	98,25	98,50

und schloſs daraus, daſs Spateisenstein aus kohlensaurem Eisen und kohlensaurem Mangan in oxydiertem Zustande bestehe. (Bei dieser

[1]) Deutsch in Crells Annalen 1796, Bd. II, S. 280.

[2]) Siehe Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1816, Bd. I, §. 327.

[3]) Siehe Lampadius, Handbuch der allgem. Hüttenkunde 1810, II. Teil, Bd. IV, S. 10.

[4]) Journ. de Physique, Tome VII, p. 213.

[5]) Bergman, Opusc. phys. et chem., V. II, 228.

Digitized by Google

Gelegenheit erwähnen wir, dafs Klaproth (1802) zuerst bernsteinsaures Natron zur Trennung von Mangan und Eisen angewendet hatte.) In den folgenden Jahren wurden noch mehrere Spateisensteinanalysen veröffentlicht, namentlich von Proust[1]) und Hassenfratz, der 1812 23 veröffentlichte.

Über die Brauneisensteine, Thon- und Raseneisensteine herrschte Unklarheit, ehe Proust, Buchholz, Berzelius und Hausmann die Oxyd- und Oxydhydratverbindungen genau untersucht hatten. Man hatte vordem häufig den Gewichtsverlust nur als Kohlensäure berechnet. Klaproth und Vauquelin hatten die meisten und besten Analysen dieser Erze geliefert. Klaproth fand in einem Raseneisenstein (Wiesenerz) von Klempnow in Vorpommern, welches in Torgelow verschmolzen wurde: 66 Eisenoxyd, 1,5 Manganoxyd, 8 Phosphorsäure und 23 Wasser (Summe 98,50). Ebenso wies er den hohen Phosphorsäuregehalt von 32 Proz. der Blaueisenerde von Eckartsberg bei Weifsenfels in Sachsen nach. Das Bohnerz aus dem Höhgau fand er zusammengesetzt aus 53 Eisenoxyd, 23 Kieselsäure, 6,5 Alaunerde, 1 Manganoxyd, 14,5 Wasser, in Summa 98.

Vauquelins Analyse des körnigen Thoneisensteins von Pesme ergab:

Eisenoxyd	43,275
Wasser	10,057
Thonerde	31,000
Kieselerde	15,000
	99,332

Weitere Eisenerzanalysen veröffentlichte Descotils (Journal des mines, T. 18 et 21), der namentlich auf den wechselnden Gehalt an Talkerde aufmerksam machte. Nach Collet-Descotils' Untersuchungen nimmt der Mangangehalt ab, wenn der Magnesiagehalt zunimmt. Hassenfratz teilte die Analysen von 27 Thoneisensteinen mit.

D'Aubuisson untersuchte endlich 1810 eine ganze Reihe von Brauneisensteinen, Bohnerzen, Rasenerzen u. s. w., um den Nachweis zu liefern, dafs das Eisenoxydhydrat (fer hydraté) als mineralogische Species zu betrachten sei[2]). 1810 begann auch Berthier, dessen verdienstliche Arbeiten soviel zur Aufklärung über die Natur der

[1]) Annales des mines, Nr. 103, p. 56.

[2]) Annales de Chimie, Sept. 1810 u. Gilberts Annalen der Physik, Bd. 38, Seite 41.

Digitized by Google

Erze und über die Vorgänge bei den Hüttenprozessen beigetragen haben, eine Reihe von Eisenerzanalysen zu veröffentlichen [1]).

Über die Konstitution der Schlacken hatte man noch keine richtige Vorstellung. Man suchte, wie schon früher, empirisch die Schmelzbarkeit der Metalloxyde, Erden und ihrer Mischungen zu ermitteln. In dieser Beziehung verdienen besonders die ausführlichen Tabellen von Lampadius Erwähnung, welche er im ersten Bande seiner Hüttenkunde 1801 veröffentlicht hat.

Die wichtigsten Fortschritte geschahen aber in jener Zeit auf dem Gebiete der Theorie. Die Chemie erhielt damals erst ihre wissenschaftliche Begründung. Lavoisiers Entdeckungen hatten eine grofse Revolution in den chemischen Anschauungen hervorgebracht. Zunächst bildete sich eine ganz andere Ansicht über die chemischen Elemente. Der Begriff der chemischen Verwandtschaft klärte sich. Durch die bessere Kenntnis bekam die Lehre von der doppelten Wahlverwandtschaft erhöhte Bedeutung. Man suchte die Ursachen der chemischen Affinität zu ergründen. Die Wichtigkeit der quantitativen Analyse wurde erkannt; sie führte zu dem Begriff des chemischen Äquivalents und dadurch wurde die Grundlage der Stöchiometrie gelegt. Man erkannte, dafs die chemischen Verbindungen durch die quantitative Zusammensetzung bedingt sind und suchte die Gesetze dieser Mischungsverhältnisse nach Gewichtsmengen zu ermitteln. So führte eine Entdeckung zur anderen. Es ist ein erhebendes Schauspiel, dieses Ringen nach Erkenntnis auf chemischem Gebiet im Anfang des 19. Jahrhunderts.

Bergman hatte die Grundlage zur Stöchiometrie gelegt. Nach dem Sieg der antiphlogistischen Chemie waren es besonders Richter in Deutschland und Berthollet in Frankreich, welche die stöchiometrischen Gesetze auf Grund der neuen Lehre zu erforschen suchten. Richters Arbeiten fanden nur wenig Beachtung, Berthollets Ansichten setzte die Geister um so mehr in Bewegung, da sie den herrschenden Ideen widersprachen. Berthollet lehrte, dafs sich die chemischen Elemente in allen Verhältnissen oder doch in gewissen Grenzen in jedem Verhältnis zu wahren chemischen Verbindungen vereinigen könnten. Diese Lehre widerlegte Proust, der daran festhielt, dafs chemische Verbindungen nur sprungweise in wenigen und bestimmten Verhältnissen der Bestandteile stattfänden. An diesem

---

[1]) S. Journal des Mines, Nr. 159, Mars 1810, Vol. 21, p. 468; Vol. 22, p. 12. Gilberts Annalen der Physik 1811, Bd. 38, S. 70.

Digitized by Google

in echt wissenschaftlichem Geist geführten Streit, welcher im ersten Jahre des 19. Jahrhunderts seinen Anfang genommen hatte, nahmen alle Chemiker den lebhaftesten Anteil. Er währte von 1801 bis 1808, endigte mit dem Sieg der Ansicht Prousts und mit der Anerkennung des Gesetzes der festen Proportionen. Prousts Beweismaterial waren empirisch gefundene Thatsachen. Andere Gelehrte suchten dafür eine tiefere Begründung. Der Engländer John Dalton hatte bei seiner Untersuchung des leichten und schweren Kohlenwasserstoffgases gefunden, dafs auf die gleiche Menge Kohlenstoff genau die doppelte Menge Wasserstoff im ersteren als wie in dem zweiten enthalten sei. Dies führte ihn zu dem Gesetz der multiplen Proportionen. Indem Dalton nach einer Erklärung für diese Erscheinungen suchte, kam er zur atomistischen Theorie. Er nahm an, jeder chemisch einfache Stoff bestände aus unendlich vielen kleinsten Teilchen von gleicher, besonderer Art, chemische Verbindungen entständen durch Aneinanderlagerung der Atome der verwandten Stoffe in einfachen Verhältnissen. Die Atome der Elemente seien verschieden durch Gröfse oder Gewicht. Dalton versuchte die Atomgewichte verschiedener Körper zu bestimmen, was ihm allerdings nur unvollkommen gelang. 1804 hatte Dalton seine Theorie erdacht, 1808 machte er sie in seinem New System of Chemical Philosophy bekannt. Hierin teilte er bereits eine Tafel der Atomgewichte von 37 einfachen Stoffen mit. Auch begründete er den Satz, dafs das Atomgewicht einer Verbindung gleich der Summe der Atomgewichte ihrer Bestandteile ist. Die hervorragenden Vertreter von Daltons atomistischer Lehre waren Thomson, Wollaston und Humphrey Davy.

In demselben Jahre fand Gay Lussac das Gesetz, dafs, wenn zwei Gase sich zu einer chemischen Verbindung vereinigen, dies immer in der Art geschieht, dafs die Volume der Bestandteile, welche in der Verbindung enthalten sind, in einem einfachen Verhältnis zu einander stehen. Berzelius war es, der alle diese einzelnen Resultate zusammenfafste und die Stöchiometrie auf der gesetzmäfsigen Grundlage in ihrem ganzen Umfang aufbaute. Seine genauen analytischen Untersuchungen hatten ihn zu denselben Resultaten geführt; sie gaben ihm die Mittel an die Hand, richtigere Atomgewichtstafeln aufzustellen. Diese Tafeln, deren erste 1815 veröffentlicht wurde, sind mit solcher Gewissenhaftigkeit aufgestellt, dafs die von Berzelius ermittelten und darin aufgeführten Zahlen der Atomgewichte grofsenteils noch heute anerkannt sind. Dadurch

Digitized by Google

war das feste Fundament gelegt, auf welchem die moderne, chemische Wissenschaft aufgebaut ist.

Wichtige Entdeckungen waren noch das 1809 von Dulong und Petit aufgefundene Gesetz, dafs für die einfachen Körper die specifische Wärme dem Atomgewicht umgekehrt proportional ist, und die Entdeckung des Isomorphismus durch Mitscherlich im Jahre 1820.

Diese Reihe glänzender theoretischer Entdeckungen war auch für die Geschichte des Eisens insofern von Wichtigkeit, als dadurch erst das richtige Verständnis der metallurgischen Prozesse erschlossen wurde und die chemisch-analytischen Untersuchungen die Sicherheit und Wichtigkeit bekamen, die sie auszeichnen.

Von grofser praktischer Wichtigkeit war es noch, dafs Berzelius eine allgemein anerkannte lateinische Benennung der Elemente einführte und auf Grund dieser eine chemische Zeichensprache gründete, welche wegen ihrer klaren und ausdrucksvollen Bezeichnungen von der ganzen gebildeten Welt angenommen wurde und sich bis heute erhalten hat.

In dem zweiten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts wurde noch eine andere für das Eisen besonders wichtige Frage gelöst oder der Lösung nahe gebracht, die Frage der Konstitution des Roheisens.

Wir wissen, dafs man seit der berühmten Untersuchung von Vandermonde, Berthollet und Monge allgemein einen Sauerstoffgehalt im Roheisen annahm und dafs man die auffallenden Verschiedenheiten der Roheisensorten dem gröfseren oder geringeren Gehalt an Sauerstoff zuschrieb. Man hielt an dieser falschen Theorie fest, weil man kein anderes Mittel der Erklärung dieser Verschiedenheiten hatte.

Gegen diesen Irrtum trat C. J. B. Karsten auf und es gelang ihm sowohl nachzuweisen, dafs im Roheisen kein Sauerstoff als notwendiger Bestandteil enthalten sei, als auch dafs die Verschiedenheit der Roheisensorten nur von der verschiedenen Art der Verbindung des Kohlenstoffs bedingt sei. Er veröffentlichte diese neue Ansicht zuerst in einer ausführlichen Anmerkung in seiner Übersetzung von Rinmans Geschichte des Eisens im Jahre 1814, aus der ein Auszug im 22. Bande von Gilberts Annalen der Physik abgedruckt wurde, und führte dann seine Theorie ausführlich in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde 1816 aus. Nach der Ansicht der obengenannten französischen Chemiker ist Stabeisen reines, von Sauerstoff und Kohlenstoff freies Eisen, Stahl ist reines, völlig reduziertes Eisen, welches noch Kohlenstoff, aber in geringerer Menge und gleichförmigerer Verbindung

Digitized by Google

als das Roheisen enthält; Roheisen endlich ist ein noch nicht völlig reduziertes Eisen, das zugleich mit Kohlenstoff verbunden ist. Das harte, weifse Roheisen enthält weniger Kohlenstoff und mehr Sauerstoff als das weiche, graue.

Karsten erklärte es dagegen für gewifs, dafs das reine Roheisen keinen Sauerstoff enthalte. Durch die chemische Analyse lasse sich kein Sauerstoff nachweisen und ebenso sprächen die hüttenmännischen Prozesse für die Abwesenheit desselben. Der Unterschied zwischen dem grauen und weifsen Roheisen ist einzig und allein bedingt durch die Art der Verbindung desselben mit dem Kohlenstoff. Es giebt zwei chemische Verbindungen von Kohlenstoff und Eisen, eine, welche viel Kohlenstoff und wenig Eisen enthält, der Graphit, welcher sich in dem weichen kohlenstoffarmen Eisen ausscheidet und das graue Roheisen bildet, und ein Kohlenstoffeisen, in dem wenig Kohlenstoff mit viel Eisen verbunden ist und das sich in dem Eisen auflöst und dadurch weifses, hartes Roheisen bildet. Der Graphit bildet sich nur bei hoher Temperatur und kann sich nur ausscheiden bei langsamem Erstarren. Deshalb bildet sich bei niederer Schmelztemperatur im Hochofen weifses Eisen und ebenso wird geschmolzenes graues Eisen durch plötzliches Erstarren weifs. Letztere längst bekannte Thatsache spricht laut gegen die Annahme eines höheren Sauerstoffgehalts im weifsen Eisen und für Karstens Theorie.

Zur Bestätigung derselben hat Karsten graues Roheisen und das durch rasches Erkalten desselben weifs gewordene Roheisen auf den Kohlenstoffgehalt untersucht und denselben gleich gefunden (Eisenhüttenkunde von 1816, §. 144).

Genaue Methoden der Kohlenstoffbestimmung gab es damals allerdings noch nicht. Karsten verglich die Gesamtmengen des aus den Lösungen gefällten Eisenoxydes und die Mengen des durch Zusammenschmelzen mit Bleiglätte reduzierten Bleies. Beide gaben annähernd gleiche Resultate bei grauem und weifsem Eisen.

Der höchste Kohlenstoffgehalt, den Karsten bei weifsem Roheisen ermittelte, betrug gegen 5 Proz. Sank der Kohlenstoffgehalt des weifsen Eisens unter 2 Proz., so verschwand das blätterige Gefüge des Roheisens und das körnige Gefüge des Stahls begann. Den Graphitgehalt des Roheisens ermittelte er zu 2,75 bis 4,75 Proz., so dafs also das graue Roheisen keinen höheren Kohlenstoffgehalt als das weifse zeigte. Nimmt man den Kohlengehalt des Graphits zu 90 Proz. an, so berechnet sich die Kohlenstoffmenge des grauen Eisens zu 2,475 bis 4,275 Proz.

Digitized by Google

Dafs die Mengen des Kohlenstoffs, welche mit dem Eisen verbunden sind, die Unterschiede zwischen Roheisen, Stahl und Stabeisen bedingen, hatten die französischen Chemiker schon nachgewiesen. Die von ihnen ermittelten Zahlen waren aber nicht genau, denn während sie das Schmiedeeisen für reines Eisen ohne jeden Kohlenstoffgehalt erklärten, gaben sie die Menge des Kohlenstoffs im grauen Eisen zu hoch an.

Mushet hatte um die Wende des Jahrhunderts den Kohlenstoff der Stahl- und Roheisensorten genauer zu ermitteln gesucht. Obgleich er hierbei öfter von einem Sauerstoffgehalt des Roheisens spricht, so läfst er denselben bei der Unterscheidung der Eisensorten doch ganz aufser acht und sucht den Unterschied der Eisensorten nur in dem Kohlenstoffgehalt. Diesen ermittelte er zu

$^1/_{120}$	bei weichem Gufsstahl,	
$^1/_{100}$	„ gewöhnlichem Gufsstahl,	
$^1/_{90}$	„ „ „	aber härter,
$^1/_{50}$	„ „ „	aber zu hart,
$^1/_{25}$	„ weifsem Roheisen,	
$^1/_{20}$	„ halbiertem Roheisen,	
$^1/_{15}$	„ dunkelgrauem Roheisen.	

Er leitete also den Unterschied zwischen weifsem und grauem Roheisen nur aus der Menge des Kohlenstoffs her, was ein Irrtum war — die Zahlen sind ebenfalls unrichtig.

Karsten ermittelte die Kohlenstoffmengen in den verschiedenen Eisensorten genauer. Er fand, dafs auch das Schmiedeeisen Kohlenstoff enthält, wenn auch in geringer Menge. Im weichsten Stabeisen fand er noch 0,05 Proz. Kohle, während hartes, gutes Stabeisen nicht unter 0,1 Proz. davon enthielt. Nur im verbrannten Eisen hatte er nie eine Spur Kohlenstoff entdeckt. Von den Stahlsorten enthielt der Cementstahl am wenigsten. Karsten fand im oberschlesischen Cementstahl nur 0,3 Proz. Bergman hatte den Kohlenstoffgehalt der von ihm untersuchten Stahlsorten zu 0,2 bis 0,8 angegeben und vermutet Karsten, dafs dies ebenfalls Cementstahlsorten waren. Er fand darin nie mehr als 0,9 Proz. — Stahl, sagt er[1]), ist reines Eisen mit $^1/_{10}$ bis 1 Proz. Kohlenstoff. Enthält er des Kohlenstoffs mehr, so dürfte er schon zu spröde und zu leichtflüssig sein, auch seine Dehnbarkeit völlig verloren haben. Der wilde Rohstahl (Willerstahl), den man wegen

[1]) Siehe Gilberts Annalen, a. a. O., S. 442.

Digitized by Google

seiner Härte gern zu den Zieheisen bei den Drahtzügen nimmt, steht zwischen schmiedbarem Stahl und unschmiedbarem Roheisen in der Mitte. Roheisen ist eine Verbindung des reinen Eisens entweder mit $1^1/_2$ bis 5 Proz., vielleicht auch mehr, gelöstem Kohlenstoff (weifses Roheisen) oder mit Graphit (graues Roheisen). Die näheren Angaben hierüber aus seiner Eisenhüttenkunde haben wir bereits mitgeteilt.

Karstens Lehre vom gebundenen und ungebundenen Kohlenstoff war ein grofser Fortschritt in der Erkenntnis. Sie bildet noch heute die Grundlage unserer Anschauung über die Konstitution der Eisensorten und auch seine Grenzbestimmungen können heute noch als im ganzen mafsgebend bezeichnet werden.

Karsten hat noch durch andere Versuche und Beobachtungen in dieser frühen Periode die Chemie des Eisens bereichert und wollen wir das Wichtigste davon hier kurz erwähnen. Er fand, dafs ein Schwefelgehalt im Eisen von $^1/_{20}$ bis $^1/_4$ Proz. dasselbe schon rotbrüchig macht. Noch empfindlicher fand er das Eisen gegen Phosphor, welcher dasselbe bekanntlich kaltbrüchig macht. Eisen mit 0,05 Proz. Phosphorgehalt war schon sehr kaltbrüchig. Karsten setzte bei einem Frischversuch auf der Creutzburger Hütte in Oberschlesien etwas Wiesenerz zu, was sofort einen rohen Gang im Frischfeuer und kaltbrüchiges Eisen zur Folge hatte, obgleich das Eisen höchstens $^1/_{40}$ Proz. Phosphor aufgenommen haben konnte. Der Graphitbildung im Roheisen wirkt der Schwefel und in geringerem Grade auch der Phosphor entgegen. Bei der Auflösung des Roheisens in Säuren, selbst in Königswasser, dem gewöhnlichen Lösungsmittel, entweicht ein Teil des Schwefels als Schwefelwasserstoff und des Kohlenstoffes als Kohlenwasserstoff. Die bisherigen Angaben über den Kohlengehalt, wobei man sämtliche Kohle des so gelösten Eisens im Rückstande zu finden glaubte, waren deshalb unrichtig.

Aus demselben Grunde entwickelt das weifse Roheisen weniger Wasserstoffgas als das graue, weil das entwickelte Kohlenwasserstoffgas weniger Raum einnimmt als das Wasserstoffgas. Ersteres hatte man bis dahin nicht bestimmt, sondern einfach als Wasserstoff mitgemessen; ebenso das Schwefelwasserstoffgas. Ein Siliciumgehalt des Eisens bewirkt, dafs sich mehr Wasserstoff entwickelt als von der gleichen Menge reinen Eisens. — Um die Bestimmung des Eisens aus einer Lösung in Säure genau zu ermöglichen, mufs das Eisen immer zur höchsten Oxydationsstufe gebracht und dann erst niedergeschlagen werden.

Über das Verhalten des Siliciums zum Eisen, sagt Karsten,

Digitized by Google

liefse sich eigentlich nicht urteilen, weil mit dem Siliciumgehalte auch der Kohlengehalt zunehme, wodurch die Beurteilung des reinen siliciumhaltigen Eisens unmöglich werde. Es scheine, dafs das Silicium dem Eisen keine nachteiligen Eigenschaften mitteile, wenigstens seine Festigkeit und Dehnbarkeit nicht beeinträchtige. Dies hätten Versuche im grofsen, welche in Oberschlesien angestellt worden seien, bestätigt. Das Kieselmetall werde beim Frischen abgeschieden und von dem Stabeisen nicht aufgenommen. In Bezug auf das Roheisen stellt Karsten die sonderbare Behauptung auf: je grauer das Roheisen ist, desto weniger Silicium enthält es. Karstens damalige Ansichten über das Silicium waren noch sehr mangelhaft.

Vom Aluminium weifs er noch weniger, er sagt nur, es scheine in derselben Weise wie Silicium bei Gegenwart von Eisen durch Kohle reduziert zu werden, und er behauptet, weifses Eisen enthalte mehr Aluminium als graues.

Silber teilt dem Eisen keine nachteiligen Eigenschaften mit; Karsten glaubt nach einem in Oberschlesien angestellten Frischversuche mit Silberzusatz im grofsen, dafs es das Eisen härter und zäher mache. Nach Colomb nimmt Eisen nur $^1/_{160}$, nach Guyton de Morveau nur $^1/_{80}$ Silber auf.

Ein Zinngehalt von 1 Proz. mache das Eisen schon in hohem Grade kaltbrüchig, wie Versuche auf der Creutzburger Hütte im grofsen erwiesen hätten. Der Frischer mufs sich deshalb vor dem Zusatz zinnhaltiger Blechschnitzel hüten.

Hassenfratz und Karsten stellten Versuche über die Einwirkung des Zinks an, die aber nicht wichtig sind. Hassenfratz machte ferner Versuche über die Wirkung des Wismuts und fand, dafs dasselbe das Eisen etwas rotbrüchig macht. Derselbe beobachtete, dafs mit Spiefsglanz behandeltes Eisen sich nur sehr schwer schneiden läfst und Antimon das Eisen rot- und kaltbrüchig macht, und Karsten fand dies bei Versuchen im grofsen, welche auf der Creutzburger Hütte angestellt wurden, bestätigt. Die nachteilige Wirkung des Arseniks auf das Eisen war längst bekannt. Hassenfratz theilte mit, dafs es die Schweifsbarkeit noch mehr beeinträchtigt als die Schmiedbarkeit und dafs das Eisen, welches in der Hitze einen Knoblauchgeruch verbreitet, mehr rot- als kaltbrüchig wird. Karsten fand bei seinen Versuchen im grofsen im Gegenteil, dafs das Eisen durch Arsenik zwar bedeutend härter wird, aber nicht den geringsten Rotbruch zeigt. Dagegen war es wegen der grofsen Härte in der Kälte brüchiger. Hassenfratz stellte fest, dafs Kobalt ent-

Digitized by Google

haltendes Eisen sich sehr gut schweifsen und schmieden läfst. — Titan macht nach Lampadius das Eisen sehr strengflüssig, dagegen ist ein Titangehalt dem Frischeisen günstig, indem es dasselbe härter und fester macht, wodurch es der Abnutzung mehr widersteht. Auch Hassenfratz fand, dafs sich mit Titan bereitetes Eisen sehr gut schmieden liefs, ähnlich verhielt sich Wolfram, welches das Eisen nur härter machte. Auch das chromhaltige Eisen soll sich nach Hassenfratz gut schmieden, keinen Kaltbruch, dagegen etwas Rotbruch zeigen und das Eisen härter machen.

Karsten stellte ausführliche Untersuchungen darüber an, ob das weifse oder das graue Roheisen reiner sei, und kam zu dem Schlusse, dafs sich dies nicht ohne weiteres sagen liefse, indem dies von den Umständen der Erzeugung abhänge. Er verwarf also damit die herrschende Annahme, dafs das weifse Roheisen an und für sich unreiner sei als das graue. Jedenfalls habe aber das weifse Roheisen den Vorzug, dafs es schon durch blofses Glühen einen Teil seines Kohlenstoffes verliere und dadurch leichter in den Zustand der Geschmeidigkeit versetzt werde als das graue. Deshalb sei das Abkühlen, Scheibenreifsen und Glühen des weifsgewordenen Eisens eine so vorteilhafte Vorarbeit für das Verfrischen des grauen Roheisens. Graues Roheisen pflege lieber Stabeisen als Stahl zu geben, doch hänge dies von der Manipulation und der Geschicklichkeit des Arbeiters ab. Aus einem und demselben Roheisen lasse sich Stahl und Stabeisen, wenn auch nicht von gleicher Güte und gleich vorteilhaft, produzieren.

Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde von 1816 fand allgemeine Anerkennung im Inlande wie im Auslande. Auch seine neue Theorie von den Kohlenstoffverbindungen des Eisens erwarb sich grofsen Beifall, doch fehlte es ihr auch nicht an Opposition. Die Praktiker hatten sich einmal an die Lehre vom Sauerstoffgehalt des Roheisens gewöhnt und hielten daran fest. Sie konnten sich dabei auf die Autorität und das grofse Ansehen des Lampadius stützen, der auch nach dem Erscheinen von Karstens klassischem Werke noch an dem Sauerstoffgehalt des Roheisens festhielt, wobei ihn allerdings mehr Eigensinn als Gründe leiteten. In den von ihm im Jahre 1826 herausgegebenen Supplementen zur allgemeinen Hüttenkunde modifiziert er zwar seine früheren Erklärungen über die Konstitution des Roheisens in einigen nebensächlichen Punkten, in der Hauptsache hält er aber an seiner irrigen Lehre fest, indem er sagt: „Die bei der Reduktion der Eisensteine im Hochofen mit erzeugten zusammengesetzten Bestandteile, welche des mechanischen Eintrittes in das

Digitized by Google

reduzierte Eisen fähig sind, sind immer Eisenkohle und Eisenoxydul, welche die Hauptverschiedenheiten des weifsen und grauen Roheisens hervorbringen.“ Und ein Hauptvorgang beim Frischprozefs war ihm die Abscheidung des in dem Roheisen enthaltenen Eisenoxyduls.

Neue Gründe brachte Lampadius nicht vor. Sein hartnäckiges Festhalten an einem überwundenen Standpunkt hat nicht dazu beigetragen, seinen Ruhm als Eisenhüttenmann zu vermehren.

Über die fortschreitende Erkenntnis der physikalischen Eigenschaften in diesem Zeitraume können wir uns kürzer fassen. Die Schmelztemperatur des Eisens wurde zwischen 120 bis 150° Wedgwood je nach seiner Reinheit angenommen. Georg Mackenzie fand angeblich, dafs Schmiedeeisen bei 158° Wedgwood zum Gieifsen flüssig wird (que le fer pur pouvait être fondue)[1]). Hassenfratz schmolz ebenfalls ein Stück Schmiedeeisen, welches er in einem Schmelztiegel auf das sorgfältigste von der Einwirkung kohlender und anderer Gase abgeschlossen hatte, bei etwa 150°; der erhaltene König war gut schmiedbar. Die Wärmekapazität bestimmte Crawford zu 107 (die des Wassers = 1000). Die Ausdehnung des Eisens in der Wärme zwischen 0 und 100° bestimmte Deluc zu 0,001258. Sehr genaue Untersuchungen über die Ausdehnung des Eisens zwischen — 40° C. und + 100° hat Hallström angestellt[2]). Den niedrigsten Grad der Weifsglut schätzte man damals zu 90° Wedgw., angeblich = 12800° F., den Schmelzpunkt des Stahles auf 150 bis 155° Wedgw. = 19000 bis 20000° F., den des Roheisens auf 125 bis 130° Wedgw. = 17500 bis 18000° F.(!)

Technische Fortschritte.

Schlackenbildung.

Über die technischen Fortschritte des Eisenhüttenwesens im Anfang des Jahrhunderts bis zum Wiener Frieden giebt uns Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde von 1816 den besten Überblick. Wir erfahren daraus, welch grofsen Einfluis die chemische Analyse, die doch erst anfing, annähernd sichere Resultate zu geben, auf die

---

[1]) O'Reilly, Journal des Arts et Manufacture, VII, 244.
[2]) Gilberts neue Annalen der Physik, IV, 52.

Digitized by Google

Auffassung und Beurteilung der hüttenmännischen Prozesse bereits erlangt hatte, und Karsten gebührt kein geringer Anteil an dem Ruhme, die Hüttenkunde auf feste chemische Grundlage gestellt zu haben, nicht nur durch eigene Untersuchungen, sondern noch mehr durch die richtige Deutung und Auslegung eigener und fremder chemischer Arbeiten. Trotzdem blieb Vieles noch in Dunkel gehüllt. Die Erfahrung lehrte zwar im einzelnen Falle, was zu thun und was zu lassen war; aber daraus liefs sich weder eine Regel ableiten, noch dafür die Begründung finden. Vielmehr zeigte es sich, dafs das, was in einem Falle erfahrungsmäfsig richtig, im anderen Falle unrichtig war.

Die Kenntnis des Hüttenmannes bestand aus einer grofsen Menge lokaler Erfahrungen, die sich oft zu widersprechen schienen, für die das einheitliche Band fehlte. So verhielt es sich mit der Lehre von der Schlackenbildung, mit der Lehre von der Beschickung und den Zuschlägen, die eng damit zusammenhing. Die Erfahrung hatte auf jeder Hütte die beste Beschickungsart wohl ermittelt, mit jeder neuen Erzsorte fing aber das Probieren, das Tasten im Dunkeln von neuem an, denn es fehlte noch die richtige chemische Erklärung der Schlacken. Man betrachtete damals noch Kieselsäure, Thon, Kalk und Magnesia als verschiedene Arten von Erden; hat sich doch die Bezeichnung Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Talkerde bis heute dafür erhalten. Man sah im Quarz ebenso eine Erde wie im Kalk und betrachtete die Thonerde als diesen gleichartig. Das war noch das alte Erbteil der Unwissenheit aus einer früheren Periode. Man hatte keine Ahnung, dafs die Kieselerde die Rolle einer Säure spielt, während dem Kalk die Rolle einer Base zukommt. Man fragte nicht danach, ob der Thon ein zusammengesetzter Körper, ein Silikat sei. Der Begriff Erde genügte. Zwar wufste man, dafs ein Zuschlag von Kalk die Schmelzung der meisten Erze erleichtert; auch hatte man Versuche gemacht, die Erden nach Gewichtsteilen gemischt zu schmelzen und hatte gefunden, dafs gewisse Mischungen leichter schmelzbar sind, sowie dafs namentlich oft der Zusatz von zwei Erden, an Stelle von einer, die Schmelzung befördert. Aber allen diesen Erfahrungen fehlte die chemische Begründung, weil man weder die verschmolzenen Erze noch die gebildeten Schlacken analysiert hatte. Die von Achard, Bergman, Chaptal, Cramer, Ehrmann, Gellert, Gerhard, Gilbert, Guyton de Morveau, Homberg, Kirwan, Klaproth, Lampadius, Lavoisier, Lelièvre, Marggraf, Poerner, Tiemann, Wiegleb u. a. angestellten Schmelzversuche im kleinen waren immerhin schätzbar und deuteten wenigstens

Digitized by Google

den Weg an, welcher bei der Auswahl der Zuschläge betreten werden mufste. „Im allgemeinen", sagte Karsten, „geht indes aus allen diesen Versuchen nur hervor, dafs die Kalkerde, Kieselerde, Talkerde und Thonerde, für sich allein genommen, unschmelzbar sind; dafs auch alle zweifachen Verbindungen der Erden untereinander (Kalk- und Kieselerde in gleichen Teilen ausgenommen) nicht zur Verschlackung gebracht werden können; dafs auch das oxydierte Eisen mit einer Erde nur schwer verglast, dafs die dreifachen Verbindungen der Erden untereinander verschlackt werden, und zwar um so vollkommener, je mehr eine von ihnen (Talkerde ausgenommen) überwiegend ist; dafs sich alle vierfachen Verbindungen der Erden sehr leicht verschlacken, und dafs das Manganoxyd alle Erden sehr schnell zum Verschlacken bringt, sogar wenn es nur mit einer einfachen Erde behandelt wird. Die Kieselerde geht hierin allen anderen Erden vor; dann folgen Kalk-, Thon- und Talkerde, von denen die letzte sich mit dem Manganoxyd am schwersten verschlackt. — Ob die Resultate der Schmelzversuche im kleinen den Erfahrungen im grofsen immer entsprechen möchten, ist sehr zu bezweifeln. Es ist überhaupt nicht möglich, die Wirkung der Flüsse gründlich zu beurteilen, ehe nicht die Theorie der Verschlackung bekannt ist[1])."

Allerdings hatte Berthier schon 1810 eine wichtige Zusammenstellung von Analysen zur Erklärung der chemischen Vorgänge im Hochofen veröffentlicht. Zu diesem Zweck hatte er die im Hochofen von Bruniquel verschmolzenen Erze, die Zuschläge und die gefallenen Schlacken quantitativ untersucht. Die Erze waren oolithische Thoneisensteine (Bohnerze u. s. w.) der Languedoc, der Zuschlag ein ziemlich unreiner Kalkstein. Es ergaben sich folgende durchschnittliche Zusammensetzungen

	der Erze	des Kalkes	der Schlacke
Eisenoxyd	58	—	5
Kieselerde	12	5,7	39
Thonerde	15	3	26
Kalk	—	29,8	19,6
Magnesia	—	18	9
Manganoxyd	Spur	—	0,7
Wasser	15	—	—
Kohlensäure	—	43,5	—
	100	100,0	99,3

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., I, S. 304.

Digitized by Google

Es fielen dabei 36 Proz. vortreffliches graues Roheisen. Zu einer Theorie der Verschlackung hatte aber diese Untersuchung noch nicht geführt.

Rösten und Schmelzen.

Über den chemischen Vorgang beim Rösten der Eisenerze war man ebenfalls im unklaren, solange man noch keine richtige Kenntnis der Oxydationsstufen des Eisens und der Zusammensetzung des Eisenoxydhydrats hatte. Man röstete die Erze nach örtlicher Gewohnheit, ohne sich des chemischen Grundes bewufst zu sein. In den meisten Fällen bezweckte die Röstung mehr nur eine mechanische Vorbereitung. Dies schien auch in Frankreich da der Fall, wo man, wie z. B. im Thale des Arques im Departement du Lot, die Thoneisensteine röstete. Als Zweck gab man an, dafs man die in Thon eingebetteten Erzknollen nach dem Rösten besser ausklauben könne, weil sie durch das Brennen rot würden. Berthier hat diese Erze vor dem Rösten und nach dem Rösten genau untersucht und dadurch einige Aufklärung über den Röstprozefs verbreitet[1]). Die Eisenerze erwiesen sich als Eisenoxydhydrate mit 12 bis 15 Proz. Wassergehalt. Sie verloren durch das Brennen den gröfsten Teil ihres Wassergehaltes. Durch das Calcinieren, sagt Berthier, wird das Wasser verflüchtigt, die Natur der Verbindung zerstört, die sich in Eisenoxyd im Maximum umwandelt, welches durch seine rote Farbe charakterisiert ist. — Karsten machte darauf aufmerksam, dafs namentlich die Thoneisensteine beim Rösten leicht verschlacken, weshalb man sie vorsichtig bei geringer Hitze rösten müsse. Das Rösten der Erze war um so notwendiger, je niedriger die Schmelzöfen waren, weil zur Röstung wie zur Reduktion eine gewisse Zeit erforderlich ist, wodurch bei niedrigen Öfen die Erze leicht roh, d. h. ungenügend reduziert, vor die Form treten und dadurch einen schlechten Ofengang erzeugen. Wie vorteilhaft schon das lange Lagern an der Luft für den Spateisenstein war, ging aus einem von v. Pantz und Atzl angegebenen Versuch hervor. Man schmolz Braunerze, d. h. durch das Lagern an der Luft braun gewordene Spaterze, und unveränderte Spateisensteine unter gleichen Bedingungen, wobei sich ergab, dafs der Centner Roheisen aus ersterem 15,09 Kbf., aus letzterem aber 21½ Kbf. Erz erforderte, obgleich die unveränderten Spateisensteine angeblich einen gröfseren Eisengehalt hatten als die Braunerze.

---

[1]) Siehe Journal des mines, Nr. 159, Mars 1810.

Digitized by Google

Wir haben schon erwähnt, dafs der Eisengehalt der Erze ausschliefslich durch die trockene Probe bestimmt wurde. Da die Flüsse hierbei anders zusammengesetzt waren als die Beschickung für den Hochofen, so machte man daneben sogenannte Beschickungsproben, wobei man dieselben Zuschläge mit dem Erz zusammenschmolz, wie im grofsen. Diese Proben waren aber ganz unzuverlässig, da man im Probierofen nicht dieselben Bedingungen, namentlich nicht dieselbe hohe Schmelztemperatur hervorbringen konnte, wie im Hochofen. Infolgedessen war die Reduktion unvollständig und das Eisen ging gröfstenteils in die Schlacke. Auch die Unvollkommenheit der Eisenbestimmung durch die trockene Probe erkennt Karsten vollständig an. Nur durch die Analyse auf nassem Wege liefse sich der wirkliche Eisengehalt ermitteln, aber dieser Weg sei viel zu schwierig. Es ist von historischem Interesse, wie Karsten sich hierüber ausdrückt. „Die Analyse auf dem nassen Wege als eine gewöhnliche kontrollierende Probe eingeführt zu sehen, wäre ein vergeblicher und unbelohnender Wunsch. So wichtig und vorteilhaft für den Betrieb es auch sein mufs, wenn man die Bestandteile des zu verarbeitenden Erzes genau kennt, und so empfehlenswert es daher ist, diese Analysen in Rücksicht der Behandlung der Erze vor dem Verschmelzen, der Wahl der Zuschläge und der Beurteilung der wahrscheinlichen Beschaffenheit des daraus zu erzeugenden Eisens anstellen zu lassen: so wenig kann man fordern, dafs diese Analysen als gewöhnliche Eisenproben eingeführt werden, weil es bekannt genug ist, wieviel Zeit und Mühe eine solche Analyse erfordert. — Wer mit solchen Analysen bekannt ist, wird die Hoffnung, sie einmal als kontrollierende Probe auf den Eisenhütten allgemein angewendet zu sehen, gern aufgeben."

Karsten unterscheidet beim Rösten der Eisenerze in Öfen zwei Arten von Röstöfen: solche, bei denen die Erze mit den Kohlen oder Koks geschichtet sind, und solche, bei denen die Röstung durch ein Flammenfeuer erfolgt. Erstere waren ganz den Kalköfen entsprechend. Die auf den königlichen Hütten in Oberschlesien hatten eine Höhe von 15 Fufs im Schacht und oben $6\frac{1}{2}$, an der weitesten Stelle $7\frac{1}{2}$ und unten beim Roste 2 Fufs im Durchmesser. Auf zwei entgegengesetzten Seiten waren sie mit je einem Schürloch, zum Ausziehen des gerösteten Eisensteines, versehen [1]). Der Ofen wurde alle 12 Stunden etwa zur Hälfte gezogen und dann wieder gefüllt.

[1]) Das Weitere siehe Karsten, a. a. O., §. 339.

Digitized by Google

Bei der anderen Art von Röstöfen, welche mit Flammenfeuer betrieben wurden, befanden sich die Erze ohne Brennmaterial im Schachte des Ofens und erhielten die nötige Hitze aus einem oder mehreren Feuerräumen, die seitlich angebracht waren. Die Feuerung geschah hierbei mit Holz. Diese Art Öfen hatten grofse Ähnlichkeit mit Porzellan- oder Töpferöfen.

Das Verschmelzen der Erze geschah zwar zu jener Zeit meistens in Hochöfen, doch waren auch in manchen Gegenden noch Blauöfen in Gebrauch. Es ist von Interesse, dafs Karsten damals diesen unter Umständen den Vorzug gab. Erze, die wenig Schlacke geben, sagte er, die folglich sehr reich sind und sich dabei nicht schwer reduzieren lassen, müssen, wenn sie vorteilhaft verarbeitet werden sollen, in Blauöfen mit zusammengezogenem Schmelzraum verschmolzen werden. Überhaupt ist der Betrieb des Blauofens dem der Hochöfen in allen den Fällen vorzuziehen, wo man leichtflüssige und gutartige Erze, die auch bei einiger Übersetzung des Hochofens noch immer gutartiges Eisen geben, verarbeitet. Alle schwer reduzierbaren Erze werden am besten in Hochöfen verschmolzen und nicht in hohen Blauöfen, namentlich wenn man auf graues Roheisen arbeitet. — „Ob eine zu grofse Höhe des Hochofens überhaupt nachteilig werden kann, ist noch nicht entschieden."

Das Brennmaterial.

Die Lehre von den Brennmaterialien, deren grofse Bedeutung für den Eisenhüttenmann Karsten mit Recht hervorhebt, hat in diesem Zeitabschnitte grofse Fortschritte gemacht. Mushet untersuchte im Anfang des Jahrhunderts viele Holzarten auf ihre Zusammensetzung[1]). Graf Rumford hat durch seine vortreffliche Untersuchung der Holzarten und Holzkohlen vom Jahre 1811 und 1812 grofses Licht über diesen Gegenstand verbreitet[2]). Schon Biringuccio hatte auf den ungleichen Brennwert verschiedener Holzarten und der daraus dargestellten Holzkohlen hingewiesen (Bd. II, S. 95); in der Praxis unterschied man längst zwischen harten und weichen

[1]) Annales des arts et manufactures, T. IX, p. 29.

[2]) Recherches sur les bois et le charbon par le Comte de Rumford, Paris 1812. Vorgelesen in der Sitzung der ersten Klasse des französischen Instituts am 30. Dezember 1811, 28. September und 5. Oktober 1812. Deutsch in Schweiggers Journal für Chemie und Physik, Bd. VIII, S. 160.

Digitized by Google

Holzarten und Holzkohlen; eine wissenschaftliche Grundlage erhielt aber die Lehre von den Brennmaterialien erst, nachdem Lavoisier das Wesen der Verbrennung richtig erkannt hatte und die chemische Analyse es möglich machte, den Vorgang der Verkohlung und der Verbrennung zu erforschen. Rumfords wichtige Untersuchung bezog sich auf den inneren Bau der Hölzer, das specifische Gewicht ihrer festen Teile und die Menge der flüssigen und gasförmigen Bestandteile, die sie unter verschiedenen Umständen enthalten, über die daraus zu erhaltenden Mengen von Kohle und die bei der Verbrennung entwickelte Wärme. Er fand das specifische Gewicht des bei 245° F. (ca. 18° C. über dem Siedepunkte) getrockneten, vollkommen luftleeren Holzes von

Eiche	zu	1,5344
Ulme	„	1,5186
Buche	„	1,5284
Ahorn	„	1,4599
Tanne	„	1,4611
Birke	„	1,4848
Linde	„	1,4846
Pappel	„	1,4854

also etwa um die Hälfte gröfser als das des Wassers.

Der Gewichtsverlust der bei dieser Temperatur vollständig ausgetrockneten Hölzer betrug bei

Eiche	. . . . .	16,64 Proz.
Ulme	. . . . .	18,2 „
Buche	. . . . .	18,56 „
Ahorn	. . . . .	18,63 „
Tanne	. . . . .	17,53 „
Birke	. . . . .	19,38 „
Linde	. . . . .	18,59 „
Pappel	. . . . .	19,55 „

Aufser dem Wasser, welches zur Konstitution des Holzes gehört, enthält es noch Saft und zufällige Feuchtigkeit, deren Menge wechselt nach Jahreszeit, Standort u. s. w.; annähernd beträgt der Gewichtsverlust beim Trocknen 18 Proz. Rumford erhielt aus 100 Tln. vollkommen ausgetrockneten (gedörrten) Holzes durch eine zwei- bis dreitägige nicht zu starke Erhitzung in gläsernen Cylindern in einem Darrofen, von

Digitized by Google

Eichenholz	43,00	Gewichtsteile	Kohle
Ulmenholz	43,27	„	„
Ahornholz	42,23	„	„
Tannenholz	44,18	„	„
Lindenholz	43,59	„	„
Pappelholz	43,57	„	„

und schloſs daraus, daſs alle Holzarten eine gleiche Menge Kohlen enthalten. Hiervon wichen die Angaben anderer Forscher, welche die erhaltenen Kohlenmengen mit grünem oder lufttrockenem Holze verglichen, natürlich sehr ab. Das specifische Gewicht der Kohlen sollte sich ganz nach dem specifischen Gewicht des Holzes richten, aus welchem die Kohle entstanden war, und sollten das gedörrte Holz und die Kohle fast einerlei specifisches Gewicht haben.

Guyton de Morveau hatte die Entzündungstemperatur frisch gebrannter Holzkohle bei 150° R. gefunden. Hassenfratz fand sie bei 180° C., während Holzkohlen, welche drei Monate gelagert hatten, sich erst bei 300 und 332° entzündeten. Verschiedene Kohlen verhalten sich verschieden und wächst die Entzündungstemperatur mit dem specifischen Gewicht, doch richtet sich die Entzündbarkeit einer Kohle ganz nach dem Brennmaterial, aus dem es hergestellt ist (Karsten).

In der Praxis bestimmte man das Ausbringen an Kohlen nicht nach Gewicht, sondern nach Volumen und hielt einen Ertrag von 50 Raumteilen Kohlen aus 100 Raumteilen Holz für sehr günstig. Über die forstwirtschaftlichen Grundsätze in Bezug auf Auswahl, Schlagen, Aufsetzen des Holzes verweisen wir auf Karstens Eisenhüttenkunde.

Die Verkohlung fand fast ausschlieſslich in Meilern statt. In den Theer- und Pechöfen geschah sie allerdings in geschlossenen Gefäſsen durch äuſsere Hitze, hierbei war aber auch die Kohlengewinnung Nebensache. Die manigfachen Versuche, Holz in Öfen zu verkohlen, hatten nach Karsten keine ökonomischen Vorteile gebracht. Nur wo man zugleich Holzessig gewinnen wollte, wendete man die Ofenverkohlung an.

Die Grubenverkohlung (Bd. II, S. 98) fand nur noch in Spanien statt. Die Verkohlung in Haufen, die man da anwendete, wo man ganze Holzstämme verkohlte, hatte man ebenfalls in den meisten Ländern als unökonomisch abgeschafft.

Bei der Meilerverkohlung waren bemerkenswerte Neuerungen nicht vorgekommen. Wo man immer dieselbe Meilerstätte wieder

Digitized by Google

verwendete, mauerte man sie am besten nach dem Mittelpunkte zu etwas abschüssig, um ohne besondere Unkosten einen Teil des Holzessigs und des Theers in ein darunter befindliches Reservoir ableiten zu können. Man machte auch zuweilen einen hohlen Boden mit einer eisernen Platte in der Mitte, von der aus man den Meiler entzündete [1]). In Rufsland setzte man in mehreren Hochöfen mit Vorteil bis zu $^1/_4$ rohes Holz zu.

Über den Kohlengehalt des Torfes und seine Zusammensetzung hatten Mushet, Thomson, Buchholz, von Marcher u. a. in dieser Zeit Untersuchungen angestellt. Mushet fand 15,1 bis 25,2 Proz. Kohle, 72,6 bis 72,8 Proz. flüchtige Teile und 2,2 bis 12,1 Proz. Asche; die von Buchholz untersuchten Torfarten enthielten 21,5 23, 30 und 30,5 Proz. Asche [2]). Die Verkohlung des Torfes geschah ebenfalls in Gruben, Meilern oder Öfen. Karsten giebt der Verkohlung des Torfes in Meilern den Vorzug [3]).

Wie man annahm, dafs die Holzkohle in dem Holz schon vorhanden sei, so nahm man auch nach Proust die Kohle in der Mineralsubstanz der Steinkohle vorgebildet an. Man wufste aber anderseits, dafs bei der trockenen Destillation ein Teil des Kohlenstoffes in den Destillationsprodukten enthalten ist. Hieraus, wie aus dem analogen Verhalten der Harzarten, schliefst Karsten mit Hatchett, Gay-Lussac und Thenard, dafs vom Vorhandensein vorgebildeter Kohle weder in der Steinkohle noch in dem Holze die Rede sein kann [4]). Je weniger Kohle eine Steinkohle bei der trockenen Destillation zurückläfst, je brennbarer ist sie. Die Mineralogen unterschieden damals die kohligen Mineralien in Braunkohle, Steinkohle oder Schwarzkohle, und Glanzkohle oder Anthracit, denen Werner noch die mineralische Holzkohle als vierte Gattung hinzugefügt hatte. Aufserdem teilte man wieder jede Gattung in eine Anzahl von Arten, welche nach dem äufseren Ansehen unterschieden wurden. Ein anderes für den Hüttenmann praktischeres Einteilungsprincip bestand in dem Vermögen, in der Hitze zusammenzusintern, wonach man die Steinkohlen in fette oder backende, oder in magere oder nicht backende einteilte; zu ersteren gehörten die Cannelkohle, Pechkohle und Grobkohle, zu letzteren die Schieferkohle und Blätterkohle. Je

---

[1]) Siehe Annales des arts et manufactures, V, p. 249.

[2]) Siehe Scherers allgem. Journal der Chemie, VIII, S. 579.

[3]) Siehe auch Blavier über Torfverkohlung: Journal des mines Nr. 2, p. 2 und Nr. 197, p. 373.

[4]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 420.

Digitized by Google

weniger Bitumen eine Steinkohle bei der trockenen Destillation ergab, je magerer, schwerer und dichter pflegte sie zu sein. — Nicht weniger wichtig war der Aschengehalt für die Verwendbarkeit der Steinkohlen. Kirwan, Richter, Proust, Lampadius, Branthome und Hecht hatten sich mit Steinkohlenanalysen beschäftigt und einen Aschengehalt von 1,5 bis 20 Proz. nachgewiesen. Als Bestandteile der Asche wurden Kiesel- und Thonerde mit etwas oxydiertem Eisen, seltener etwas Kalkerde, Magnesia und Mangan nachgewiesen. Dafs die Gase und Öle, welche bei der trocknen Destillation der Steinkohle übergehen, wirkliche Produkte des Prozesses und keine Edukte sind, hebt Karsten ausdrücklich hervor. Die chemische Analyse erklärt aber Karsten für den Hüttenmann als nicht ausreichend, die physikalischen Merkmale seien ebenso wichtig. Am wichtigsten sei das Verhalten der Steinkohlen in der Hitze, ihre Verkokungsfähigkeit. Karsten giebt die Kennzeichen von gut und schlecht kokenden Kohlen an, ohne indessen schon die scharfe Unterscheidung zu machen, die er später einführte; er hält sich vielmehr noch an die mineralogische Einteilung. Hassenfratz dagegen teilt die Steinkohlen in drei Gruppen, in trockene, magere und fette, von denen er die nachstehenden, in der Schule zu Moutiers unter seiner Leitung gemachten Analysen mitteilt.

Art der Steinkohle	Lager	Wasser, Öl und Gas	Kohle	Eisenoxyd	Kieselsäure	Kalk	Schwefelkies
Trocken . . .	Champany	0,020	0,592	0,147	0,076	—	0,216
Mager	Entrevernes	0,395	0,478	0,069	—	0,051	—
Fett	Rivedegier	0,410	0,620	0,022	0,015	—	—

Analysen von Steinkohlen hatte auch Proust schon 1806 veröffentlicht[1]).

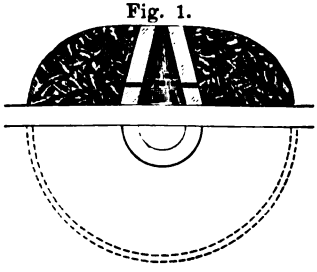
Das Verkoken der Steinkohle geschah in Öfen oder in Meilern. Beim Verkoken in Öfen hatte man nach Karsten in der Regel die Absicht, die sich entwickelnden Gase aufzufangen. Dies ist indes nicht richtig, vielmehr wendete man in England überall Öfen an, wo man Kleinkohle, Grus oder Abfall verkokte, Meiler und Haufen da, wo man Stückkohle verkokte. Karstens Ansicht gründete sich auf den Zustand, wie er in Schlesien war, wo man nur die Dundonaldschen Öfen kannte, in welchen auch zugleich Theer gewonnen wurde.

[1]) Journal de Physique, T. LXIII, p. 320.

Digitized by Google

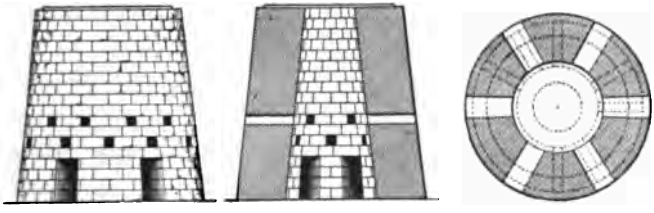
Das Verkoken der Stückkohlen im Freien geschah meistens nicht mehr in Meilern, sondern in langen Haufen. Diese wurden auf einer gestampften Lehmsohle in der Art errichtet, dafs in der Mitte mit grofsen Stücken ein Luftkanal der Länge nach gesetzt wurde. Hiergegen setzte man die übrigen Steinkohlen in abnehmender Gröfse. Die kleineren Stücke wurden nicht mehr gesetzt, sondern dienten zur Ausfüllung der Zwischenräume und zur Bedeckung; so führte man den Haufen in 3,14 bis 3,77 m Breite und von beliebiger Länge, etwa 31,4 bis 37,4 Fufs, auf. Die Höhe des Haufens betrug in der Mitte 0,42 bis 0,58 m, an den Seiten 0,10 bis 0,16 m. Das Löschen geschah einfach durch Bewerfen mit Lösche an den Stellen, wo das Flammen aufhörte und sich eine weifse Schlacke ansetzte. Das Brennen verlief rasch und war bei bituminösen Steinkohlen in 36 bis 48 Stunden, bei weniger bituminösen schon in 12 bis 16 Stunden beendet. Der Haufen blieb dann 3 bis 4 Tage mit seiner Decke stehen, ehe er gezogen wurde. — Dieses Verfahren war sehr einfach, aber auch mit grofsem Abbrand verknüpft, namentlich bei fetten Kohlen. Solche verkokte man deshalb zweckmäfsiger in bedeckten Meilern oder in Öfen.

Fig. 1.



In England baute man damals den Meiler, Fig. 1, um einen aus feuerfesten Steinen hergestellten trichterförmigen Turm, Fig. 2, mit zwei oder drei übereinanderliegenden Reihen von je sechs oder mehr

Fig. 2.



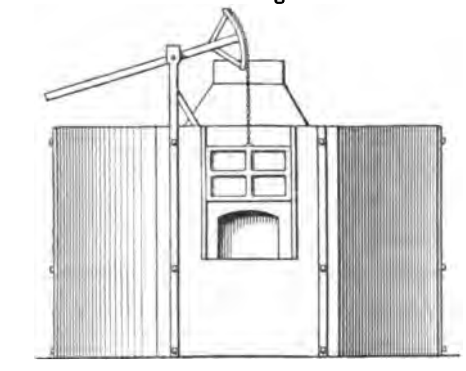
Zuglöchern. Nachdem der Meiler aufgeführt und mit einer Decke von feuchter Kokslösche gedeckt war, wurde er durch den trichterförmigen Ofenschacht entzündet. Diese verbesserten Meiler waren eine Erfindung von John Wilkinson in Bradley[1]). Zerkleinerte Steinkohlen liefsen sich nicht in Meilern oder Haufen verkoken, weil sie den Zug hemmten. Überhaupt liefs sich nur fettes Kohlenklein

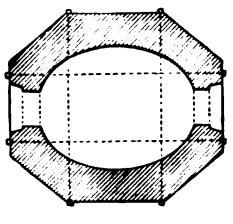
[1]) Siehe Annales des arts et manufactures, 1803, XIV, p. 34.

Digitized by Google

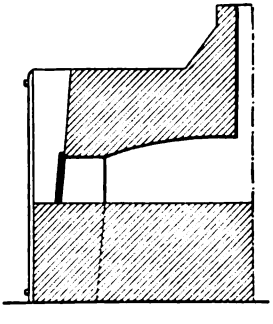
verkoken und dies mufste auf Herden, oder in offenen oder geschlossenen Öfen geschehen. Offene cylindrische Öfen waren wenig vorteilhaft, weil zu viel darin verbrannte, besser waren die mit einem Gewölbe überbauten Herde, die sogenannten Bienenkorböfen (s. Bd. III, S. 307). Diese wurden etwa 16 cm hoch beschickt und die Steinkohle entzündet. Sobald Rauch und Flamme aufhörten, war der Koks gar. Man dämpfte die Hitze mit Wasser und zog die Masse mit eisernen Kratzen heraus. Zu Waldenburg in Schlesien hatte man 1804 eine Doppelreihe solcher Öfen, welche mit der Rückseite gegeneinander standen, zusammengebaut. Das äufsere Mauerwerk war 7,85 m lang, 4,30 m breit und 2,20 m hoch. Die Sohle der Öfen war 0,63 m über dem Boden. Jeder der elliptischen Öfen war 2,51 m tief, 2,20 m breit und 0,78 m hoch, mit flachem Gewölbe überspannt. Die Brennzeit dauerte 10 Stunden. Die Steinkohlen bläh-ten sich auf, so dafs man aus 8 Mafs Steinkohlen 9 bis 10 Mafs Koks erhielt.

Fig. 3.





1/2 Gr.



Doppelöfen dieser Konstruktion scheinen zuerst in Frankreich aufgekommen zu sein. Nach einem Bericht eines gewissen Jeason an die Société d'encouragement pour l'industrie nationale von 1808[1]) sollten diese Art Öfen schon seit langer Zeit in einigen französischen Werken in Anwendung sein. Diese Öfen (Fig. 3) hatten eine elliptische Gestalt und Feuerthüren auf den beiden Schmalseiten. Mitten über dem Herd befand sich eine Esse. Nachdem der Ofen vorgewärmt war, wurde erst von der einen, dann von der anderen Seite Kleinkohle eingetragen.

[1]) Siehe Annales des arts et manufactures, 1808, T. XXIX, p. 41.

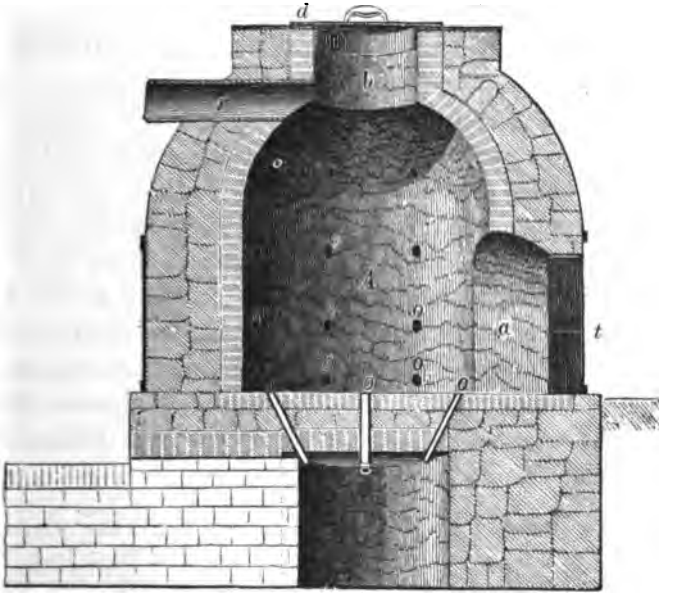
Digitized by Google

War die eine Hälfte gar gebrannt, so wurden die Koks von der Mitte an mit eisernen Haken ausgezogen, was eine äufserst mühselige Arbeit war. Alsdann wurde diese Seite frisch besetzt. Inzwischen garte auch die andere Hälfte und wurde, nachdem die erste wieder besetzt war, in gleicher Weise ausgezogen. Die Füllthüren wurden mittels Hebel aufgezogen, der Luftzutritt in den Ofen durch Öffnungen in den Thüren reguliert.

In verschlossenen Gefäfsen mit äufserer Hitze verkokte man die Steinkohle nur dann, wenn man die Gewinnung der Destillationsprodukte im Auge hatte.

Eine Kombination beider Verfahren waren die Dundonald-Öfen, in denen die Steinkohlen mit der eigenen Hitze verkokt, zugleich aber die Destillationsprodukte aufgefangen wurden. Man wählte hierzu fette, aber nicht zu backende Steinkohlen. Fig. 4 zeigt einen

Fig. 4.



solchen Ofen, wie er zu Gleiwitz betrieben wurde[1]). Der cylindrische Schacht *A* hatte 1,53 bis 2,14 m im Durchmesser und war 2,44 bis 2,75 m hoch; oben verengte er sich und behielt nur eine Öffnung *b* von 0,915 m im Durchmesser, welche mit einer eisernen Platte *d* bedeckt wurde. In der Mitte des Bodens befand sich meist ein eiserner oder gemauerter

[1]) Eine genaue Beschreibung desselben findet sich in Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. I, H. 2, S. 81.

Digitized by Google

Rost von 0,915 m im Durchmesser, welcher mit dem Aschenfall und dem Luftkanal in Verbindung stand. Die Einsatzöffnung *a* war 1,525 m hoch, 0,762 m breit und wurde nach dem Eintragen der Steinkohlen vermauert. In der Peripherie der Ofenmauer befanden sich vier horizontale Reihen von Zuglöchern *oo*. In der Nähe der Mündung des Schachtes war ein eisernes Rohr *r* von 20 bis 25 cm Durchmesser zur Abführung der Gase, welche einem Kondensator zugeführt wurden, eingemauert. Der Ofen wurde bis zum unteren Rande dieses Rohres gefüllt, während die Schachtmündung durch eine eiserne Platte verschlossen wurde. Die Verkokung erfolgte dann von unten nach oben und wurde durch die Zuglöcher reguliert. War der Ofen gar, so erfolgte nach 12 Stunden das Ziehen, wozu die Thür aufgerissen und die glühenden Koks mit langen Haken ausgezogen und gleich mit Wasser gelöscht wurden. Die in diesen Öfen erzeugten Koks waren dichter und fester als die in Meilern bereiteten; sie nahmen ein kleineres Volum ein, das Ausbringen an Gewicht war aber gröfser. Die Ofenkoks waren 10 bis 15 Proz. schwerer als die Meilerkoks. Das Hauptprodukt der Destillation war roher Steinkohlentheer. Das Ausbringen an Koks richtete sich nach der Natur der Steinkohlen und betrug 60 bis 70 Proz. Man gewann aber damals die Koks durchaus nicht in so schönen grofsen Stücken wie jetzt. Karsten sagt, die zum Eisenschmelzen anzuwendenden Koks müssen Stücke von wenigstens 36 ccm Inhalt sein; in kleineren Stücken sind sie nur dann zu gebrauchen, wenn sie mit gröfseren, von 2 bis 20 Kubikzoll Inhalt, zugleich verarbeitet werden. Die gröfsten Stücke hatten also noch nicht 5 Zoll Seitenlänge. Zu Gleiwitz in Oberschlesien wurden vergleichende Versuche über die Wirkung verschiedener Koksarten im Kupolofen angestellt. Mit Einschlufs des zum Füllen der Öfen nötigen Bedarfs erforderten

1 Tonne Roheisen	. . . . .	0,938 cbm	Theerofenkoks oder
„ „	. . . . .	1,076 „	Meilerkoks oder
„ „	. . . . .	1,114 „	Backkoks
und dem Gewicht nach	. . . . .	3040 kg	Theerofenkoks oder
„ „ „ „	. . . . .	3176 „	Meilerkoks oder
„ „ „ „	. . . . .	2989 „	Backkoks,

woraus hervorzugehen scheint, dafs die schwereren Koks dem Volumen nach, die leichteren aber dem Gewicht nach wirksamer sind.

Vergleichende Versuche zwischen Holz- und Steinkohle, welche bei der Heizung eines Weifsblechglühofens mit Kiefernholz und eines

Digitized by Google

anderen mit Steinkohlen zu Jedlitze in Ober-Schlesien angestellt wurden, ergaben, dafs 100 Kubikfufs Holz die Wirkung von 16 Kubikfufs Steinkohlen, oder 100 Kubikfufs Steinkohlen die Wirkung von 635 Kubikfufs Holz hervorbrachten[1]).

Die Vergleichung der Wirkung von Holzkohlen und Koks ergab im allgemeinen, dafs sich die Wirkung des Koks zu der der Holzkohlen beim Verschmelzen der Eisenerze in Schachtöfen dem Volum nach wie 2 zu 1 verhielt, oder dafs 1 Kubikfufs Koks dieselben Dienste leistete wie 2 Kubikfufs Holzkohlen. Dem Gewicht nach fällt das Verhältnis für die Holzkohlen günstiger aus und verhält sich im allgemeinen wie 2 zu 3, so dafs 2 Pfd. Holzkohlen dieselbe Wirkung hervorbringen wie 3 Pfd. Koks. Die Ursache liegt in der strengflüssigen Koksasche.

Die verschiedenen Brennmaterialien erforderten bei ihrer Verbrennung im Hochofen eine sehr ungleiche Pressung des Windes, welche nach der Wassersäule gemessen

bei sehr leichten Tannen- und Fichtenkohlen . .	1	bis	$1^1/_2$	Fufs (314 bis 471 mm)
„ guten und nicht überbrannten Fichten- und Tannenkohlen	$1^1/_2$	bis	2	Fufs
„ harten, gesunden Kiefern- und Laubholzkohlen	2	„	3	„
„ weichen und leicht verbrennlichen Koks . . .	4	„	6	„
„ harten und schwer verbrennlichen Koks . . .	6	„	8	„

betragen mufste, um die gröfste Wirkung auszuüben[2]).

Die der Gicht des Hochofens entströmende Flamme hatte man schon früher hier und da zu Heizzwecken verwendet. In rationellerer Weise geschah dies aber erst in dieser Periode durch Aubertot auf seiner Eisenhütte im Cher-Departement. Er erhielt im Jahre 1811 ein Patent für Frankreich auf sein Verfahren, doch begnügte er sich, dasselbe für seinen eigenen Gebrauch auszunutzen, indem er die Gichtgase zur Cementstahlbereitung verwendete. Er machte kein Geheimnis aus seiner Methode, sondern gab jedem, der sich dafür interessierte, Belehrung. Hierdurch lernte auch Berthier diese Erfindung Aubertots kennen, auf deren grofse Bedeutung er nachdrücklich hinwies. Er veröffentlichte eine wichtige Abhandlung über die glückliche Verwendung der Gichtgase in Frankreich zur Stahlcementation, zum Kalk- und Ziegelbrennen u. s. w.[3]).

---

[1]) Karsten, a. a. O., §. 445.

[2]) Siehe Karsten, Eisenhüttenkunde, II. Aufl., §. 775.

[3]) Siehe Journal des mines, Juin 1814.

Digitized by Google

Die Öfen, sowohl zum Kalk- und Ziegel-, als auch zum Stahlbrennen, stellte Aubertot auf die Gicht unmittelbar neben die Gichtöffnung. Die Flamme trat durch eine quadratische Öffnung, welche durch einen Schieber abgestellt werden konnte, in den Ofen, der oben mit einer Esse versehen war, ein, wodurch derselbe bald in helle Glut geriet. Doch kam es dabei sehr auf die richtige Regulierung der Öffnung an, damit nicht zu viel kalte Luft mit eintrat. Berthier erkannte deutlich, dafs die grofse Wärmeentwickelung der Hochofengase gröfstenteils auf der Verbrennung derselben beruhte und nur zum kleineren Teil auf ihrer gebundenen Wärme. Zum Beweis hierfür führte er einen Versuch Curandous an, der einen Flammofen mit Hochofengasen erhitzt hatte. Trotzdem fand diese wichtige Entdeckung damals nur wenig Beachtung.

Verbrennung und Windzuführung
1801 bis 1815.

Die Bedeutung der Windzuführung, die Wichtigkeit der Gebläsemaschinen begann man zu Anfang des 19. Jahrhunderts in vollem Umfange zu würdigen. Das theoretische Verständnis des Verbrennungsvorganges im Hochofen machte gerade in diesen ersten 15 Jahren des Jahrhunderts grofse Fortschritte. Lavoisiers Entdeckung des Sauerstoffes, der Oxydation und Reduktion hatten den Schlüssel dafür gegeben. Es ist erstaunlich, wie rasch man damit in das innerste Wesen der Schmelzvorgänge eindrang. Hassenfratz warf die Frage auf, wieviel Wind ist nötig, um 100 Pfd. Eisen zu schmelzen, und löste sie in der folgenden geistvollen Weise[1]):

Nach der gemeinschaftlichen Untersuchung von Lavoisier und Laplace verbinden sich 100 Tle. Kohlenstoff bei 0° mit 261 Tln. Sauerstoff zu 361 Tln. Kohlensäure, wobei sie eine Wärmemenge erzeugen, um 9937 Tle. Eis von 0° zu schmelzen, oder das gleiche Quantum Wasser von 0 auf 60° zu erwärmen. Um die Windmenge zu bestimmen, welche der Brennstoff erfordert, um 100 Tle. Roheisen im Hochofen zu schmelzen, ist zunächst zu erwägen, dafs die atmosphärische Luft aus Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure besteht und zwar nach der Untersuchung von Humboldt und Gay-Lussac im Verhältnis von 78:21:1, ohne Berücksichtigung der Feuchtigkeit.

---

[1]) Sidérotechnie, T. II, p. 43.

Digitized by Google

Arago und Biot[1]) haben gefunden, dafs sich die Dichtigkeiten dieser Luftarten verhalten wie folgt:

Atmosphärische Luft	1,000
Stickstoff	0,978
Sauerstoff	1,103
Kohlensäure	1,500

Es wiegen 100 Kubikdecimeter:

Atmosphärische Luft	123,15 g
Stickstoff	116,26 „
Sauerstoff	135,70 „
Kohlensäure	184,66 „

Hieraus läfst sich die Windmenge für einen Hochofen, dessen Kohlenverbrauch gegeben ist, berechnen, wenn man annimmt, dafs der gesamte Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt.

100 Gewichtstle. Kohle verbinden sich nach der genaueren Angabe von Saussure mit 284,6 Tln. Sauerstoff zu 384,6 Tln. Kohlensäure. Die 284,6 Gewichtstle. Sauerstoff haben ein Volumen von 2994 Kbfls. bei 0° und 28 Zoll Barometerstand, entsprechend 14258 Kbfls. atmosphärischer Luft unter denselben Voraussetzungen. Um also 100 Pfd. Kohlen vollständig zu verbrennen, braucht man 14258 Kbfls. atmosph. Luft (1 kg = 8,85 m³).

Nimmt man nun einen mittleren Kohlenverbrauch von 162 Pfd. Kohlen für 100 Pfd. Roheisen im Hochofen an, so wäre der Windbedarf hierfür 23098 Kbfls., ohne Berücksichtigung des Aschengehaltes der Kohle.

Angenommen, der Hochofen produzierte 35 Ctr. Roheisen den Tag, so wären 808428 Kbfls. Wind erforderlich, also 561 Kbfls. in der Minute.

Nun kann man aber in der Regel nicht mehr als 400 Kbfls. Wind pro Minute für einen Ofen von 35 bis 36 Ctr. Tagesproduktion rechnen, woraus zu folgern wäre, dafs nur 70 Proz. des Kohlenstoffes zu Kohlensäure verbrenne, der Rest anderweitig, zur Reduktion der Erze, zur Kohlung des Eisens u. s. w. verwendet würde. Wäre aber auch alles Eisen im Erze im Zustande des Oxyds, so brauchte dasselbe für die 35 Ctr. Eisen doch nur 553 Pfd. Kohlenstoff zur Reduktion, und nähme das Eisen 4 Proz. Kohlenstoff bei der Kohlung auf, so wären dies nur 140 Pfd., zusammen also 693 Pfd. Nimmt man

[1]) Mém. de l'Institut 1806, T. VII, p. 301.

Digitized by Google

selbst 1000 Pfd. an, so bleiben immer noch 4670 Pfd. Kohlenstoff übrig. Hierzu wären 13291 Pfd. Wind erforderlich, und es sind nur 10166 gebraucht worden. Diese Menge reicht nicht hin, allen Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln. Einigen Einfluſs hat der nie fehlende Wassergehalt der Luft. Sodann fragt es sich aber, ob denn wirklich aller Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt und ob nicht ein Teil desselben in der niedrigeren Oxydationsstufe als Kohlenoxydgas entweicht. Dieses erfordert viel weniger Sauerstoff, indem hierbei nur 48 Tle. Sauerstoff auf 52 Tle. Kohlenstoff kommen. Sieht man genauer zu, wie sich die Verbrennung im Hochofen vollzieht, so kann dies gar nicht anders sein. Denn wenn auch unmittelbar vor der Form aller Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, so trifft die gebildete Kohlensäure bei ihrem Aufsteigen im Hochofen auf glühende Kohlen, welche die Kohlensäure zu Kohlenoxydgas reduzieren. An der Ofengicht strömt nicht bloſs Kohlensäure, sondern auch Kohlenoxydgas aus, wodurch die bläuliche Gichtflamme erst entsteht. Der Wasserdampf der feuchten Luft wird, indem er auf die glühenden Kohlen trifft, ebenfalls zersetzt und zwar so, daſs sich sein Sauerstoff mit der Kohle zu Kohlenoxydgas, sein Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffgas verbindet. Würde bei der Verbrennung nur Kohlenoxydgas gebildet, so bedürften die 4670 Tle. Kohlenstoff nur 4311 Tle. Sauerstoff, also nur die Hälfte der Menge, die wirklich gebraucht worden ist. Es muſs also bei der Verbrennung im Hochofen ein Gasgemenge entstehen, welches hauptsächlich aus Kohlensäure und Kohlenoxydgas besteht. Die Windmenge läſst sich also in der angegebenen Weise nur ungefähr berechnen, und muſs man die erhaltene Zahl durch einen Erfahrungskoeffizienten reduzieren.

Diese klare Auseinandersetzung von Hassenfratz beweist nicht nur, wie richtig man bereits den Zusammenhang zwischen Windmenge und Produktion beim Hochofenbetriebe erkannt, sondern auch, welch zutreffendes Urteil man über den Verbrennungsvorgang im Hochofen erlangt hatte, obgleich derselbe erst durch die Analysen der Hochofengase ca. 30 Jahre später bewiesen wurde.

Übrigens hatten sich auch andere Metallurgen schon vor Hassenfratz mit ähnlichen Berechnungen beschäftigt, unter diesen namentlich Schindler[1]) und af Uhr[2]). Ersterer stellte schon 1799 fol-

[1]) Siehe Schindlers Preisschrift über den Unterschied des Roheisens und Frischeisens, 1799, S. 128.

[2]) Samlingari Bergsvettenskapen af Svedenstjerna och Lidbeck, 1. Heft, S. 93.

Digitized by Google

gende Berechnung auf: Wenn zwei Gebläse, jedes von 40 (Wiener) Kbffs. Inhalt, in einer Minute 14 mal wechseln, so bringen sie in dieser Zeit 560 Kbffs. oder in 24 Stunden 806400 Kbffs. atmosphärische Luft in den Hochofen. Diese wiegen 53637 (Wiener) Pfd. und enthalten 36982 Pfd. Stickstoff, 15853 Pfd. Sauerstoff und 802 Pfd. Kohlensäure. Aufserdem kann man in dieser Menge von Gas 219 Pfd. Wassergehalt annehmen. An Eisenstein sollen in 24 Stunden 6963 Pfd. mit einem Roheisengehalt von 2607 Pfd., mit 6787 Pfd. Kohlen durchgesetzt werden. Schindler nimmt in den 6963 Pfd. Eisenstein 2607 Pfd. Eisen, 1095 Pf. Sauerstoff und 3261 Pfd. Erden an. Danach würden in 24 Stunden in den Hochofen gebracht:

Atmosphärische Luft	53637	Pfd.
Wassergehalt derselben	219	„
Kohlen	6786	„
Eisenstein	6963	„
Summa	67605	Pfd.

Diese wären nach der Schmelzung umgewandelt in:

Stickgas	36982	Pfd.
Kohlensäure	24523	„
Schlacken	3405	„
Roheisen	2607	„
Überschufs an Sauerstoff und Wasserstoff	88	„
Summa	67605	Pfd.

Diese Berechnung ist keineswegs genau, indem für die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft die älteren unrichtigen Zahlen zu Grunde gelegt, der Gehalt der Erze an Wasser und Kohlensäure nicht berücksichtigt ist, die vollständige Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure angenommen ist, u. s. w., dennoch verdient auch diese Berechnung historische Beachtung.

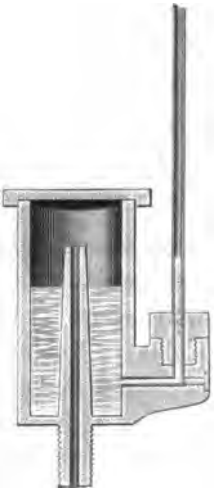
Es war um jene Zeit bereits ein praktisches Bedürfnis geworden, das Windquantum, welches dem Hochofen zugeführt wurde, zu berechnen und zu kontrollieren. Deshalb beschäftigten sich bereits viele Metallurgen mit diesem Gegenstande und stellten mathematische Formeln dafür auf. Man bestimmte die Windmenge hierbei auf zweierlei Art: einmal, indem man das Volum, welches die Maschine lieferte, aus dem Kubikinhalt des Gebläses und der Tourenzahl in der Minute ermittelte, das andere Mal, indem man den Querschnitt der Ausströmungsöffnung, welche den Wind dem Hochofen zuführte, mit der Ausströmungsgeschwindigkeit multiplizierte. Erstere Art der

Digitized by Google

Berechnung war ungenau, wenn man nicht die Kompression der Luft im Gebläse und den schädlichen Raum berücksichtigte, was die Rechnung sehr erschwerte. Die zweite Art der Berechnung war genauer und fand deshalb allgemeine Anwendung. Die Ausströmungsgeschwindigkeit war abhängig von dem Drucke, der sich durch einfache Messung mit dem Windmesser oder Manometer ermitteln liefs. Verbesserte Windmesser erfanden um jene Zeit Lampadius in Deutschland und Banks in England[1]) (Fig. 5).

Wir müssen uns darauf beschränken, die bemerkenswertesten Arbeiten über Windberechnung aus jener Zeit anzuführen. Baaders Schrift wurde schon früher erwähnt. Über die Leistung der Gebläsemaschinen erschienen folgende Abhandlungen: O'Reilly, Sur les machines soufflantes, avec la description des machines soufflantes hydrauliques (Annales des arts et manufactures, T. XV, p. 225); Gilbert, Berechnung der Luftmenge, welche ein Gebläse hergiebt (Gilberts Annalen der Physik, XXVIII, 388) und die hervorragende Arbeit von G. G. Schmidt über die Ausdehnung der trockenen und feuchten Luft durch die Wärme. Berechnungen der Windmenge auf Grund der Druckmessung veröffentlichten Roebuck: Über Windmesser und über das Verhältnis der Geschwindigkeit zur Menge des Windes (Gilberts Annalen IX, 53), Banks über Windmesser und Versuche über das Ausströmen der Luft aus den Gefäfsen (Ebendas. XXII, 286) und Stünkel: Beobachtungen über die Schätzung der treibenden Kraft und der Geschwindigkeit des aus den Gebläsen strömenden Windes (Jordan und Hasse, Magazin für Eisenberg- und Hüttenkunde, S. 240). O'Reilly hatte auch bereits eine Tabelle für die Geschwindigkeit der Luft nach dem abgelesenen Winddruck verfafst, welche aber ungenau war, weil er dabei den Barometerstand nicht berücksichtigt hatte.

Fig. 5.



Ehe wir uns zu den Fortschritten im Bau der Gebläse selbst wenden, müssen wir noch einige allgemeine, den Gebläsewind betreffende Fragen erwähnen, welche in jener Zeit Gegenstand lebhafter Erörterung waren. Unter diesen wurde diejenige über den Nutzen oder

[1]) Siehe Annales des arts etc., XIV, 23.

Digitized by Google

Nachteil des in der Gebläseluft enthaltenen Wasserstoffes am lebhaftesten diskutiert. O'Reilly berichtet[1]), dafs ein reicher englischer Hüttenbesitzer glaubte, die Verbrennung in einem Schmelzofen dadurch fördern zu können, dafs er Wasserdämpte unter der Form in den Ofen leitete. Er nahm an, dafs diese, indem sie auf die glühende Masse träfen, zersetzt würden und der dadurch frei gewordene Sauerstoff die Verbrennung beschleunigen und die Hitze steigern müsse. Er machte in diesem Sinne Versuche in einem 18 Fufs hohen Ofen, wobei aber die verderbliche Wirkung des eingeblasenen Dampfes vollständig erwiesen wurde. Der Hochofen wurde, da wo der Dampf hin kam, völlig kalt. Die durch die Zersetzung des Wassers gebundene Wärme war so grofs, dafs eine Abkühlung des ganzen Ofens eintrat; das Eisen wurde matt und weifs, und nach und nach erstarrte der ganze Ofen. Die Theorie war rasch bei der Hand, dieses Resultat zu erklären. Lavoisier und Laplace hatten nachgewiesen, dafs Wasserstoff beim Verbrennen zu Wasser eine gröfsere Menge Wärme entwickele, als Kohlenstoff bei der Verbrennung zu Kohlensäure. Bei der Zersetzung des Wassers mufste also mehr Wärme gebunden werden, als durch die Verbrennung der Kohle mit dem frei gewordenen Sauerstoff erzeugt wird. Das oben erwähnte Experiment und diese Theorie wurden nun von vielen verallgemeinert, und alle Gebläse, bei denen die Luft mit Wasser in Berührung kam, für durchaus verwerflich erklärt, ja die Eiferer, namentlich in Frankreich, erklärten auch die Wasserregulatoren für höchst nachteilig, obgleich dieselben sich doch überall, wo sie in Anwendung waren, gut bewährt hatten. Es wurde eben stark übertrieben und womöglich alle Störungen des Ofenganges mit Wasserdämpfen in Verbindung gebracht. Auch die bekannte Erfahrung, dafs die Hochöfen im Winter besser gingen als im Sommer, wurde nicht so sehr der dichteren als vielmehr der trockeneren Luft im Winter zugeschrieben. Die Sucht zu übertreiben erzeugte aber gerade eine hartnäckige Opposition bei denjenigen Hüttenleuten, welche bereits eine dunkle Vorstellung von Wassergas und seiner Wirkung hatten. Zu diesen letzteren gehörte auch Karsten, der lebhaft für die Wasserregulatoren eintrat. Da überall noch die quantitative Analyse fehlte, war die Begründung auf beiden Seiten schwach, der Meinungsstreit deshalb aber um so lebhafter.

Die Heifssporne der oben erwähnten Richtung verwarfen alle Wassergebläse. Deshalb sind auch die Urteile über die Wasser-

[1]) Annales des arts et manufactures, IV, 236.

Digitized by Google

trommelgebläse in jener Zeit so sehr auseinandergehend. Diejenigen, welche von der Schädlichkeit der feuchten Gebläseluft überzeugt waren, verwarfen dieselben von vornherein — es waren dies namentlich die Pariser Metallurgen, — während man auf der anderen Seite die Vorzüge dieses Gebläses, mit dem man in den österreichischen Alpenländern befriedigende Resultate erzielt hatte, übertrieb. Für das Wassertrommelgebläse traten besonders Baron von Zois, Herr von Stahlberg, von Eschwege und von Marcher ein, gegen dieselben O'Reilly und Hassenfratz. Wir haben schon früher erwähnt, dafs der Vorteil der Wassertrommeln in ihrer Billigkeit, der Nachteil derselben in dem hohen Wasserverbrauch liegt. Hassenfratz teilte mit, dafs, während ein Cylindergebläse nach Rambourg für 100 Kbffs. Luft 20 Kbffs. Wasser erforderte, der Wasserverbrauch für 100 Kbffs. Luft bei einer Wassertrommel zu Poulaouen 157 und bei einer anderen im Fürstentum Piombino sogar 200 Kbffs. Wasser, also das zehnfache betrug. Die beiden letzteren Angaben beruhten auf Messungen des Ingenieurs Gallois.

Das Baadersche Wassergebläse hatte zwar auf einigen Eisenhüttenwerken Eingang gefunden, doch entsprach seine Leistung den

Fig. 6.

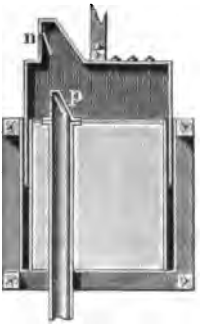
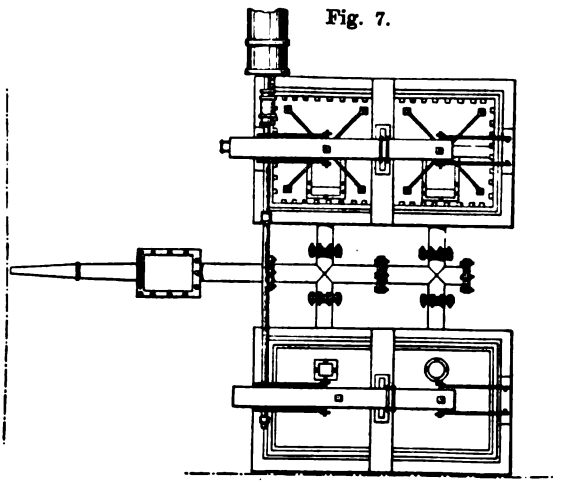


Fig. 7.



Hoffnungen nicht. Ein grofses hydrostatisches Gebläse eigentümlicher Konstruktion wurde um diese Zeit zu Sterkrade (Gute Hoffnungshütte) zum Betriebe eines Hochofens erbaut. Es bestand aus vier viereckigen eisernen Kasten mit Wasserliderung (Fig. 6), welche in eine gemeinschaftliche Leitung bliesen.

Beim Aufzug des Kastens öffnete sich die Saugklappe *n* und liefs die Luft eintreten, welche dann beim Niedergang durch die Druck-

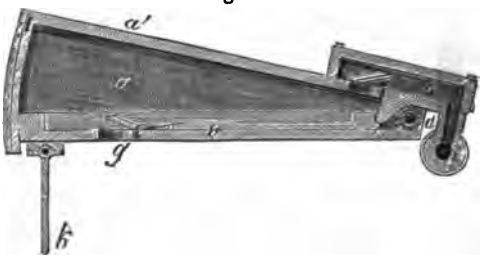
Digitized by Google

klappe *p* in die Windleitung gepreſst wurde. Leider fehlen zu den Zeichnungen von Héron de Villefosse alle näheren Angaben über Konstruktion und Leistung dieses Gebläses, welches das stärkste der nach diesem, auch dem Baaderschen Gebläse zu Grunde liegenden Principe erbauten gewesen zu sein scheint.

Allgemein anerkannt und unbestritten war die groſse Überlegenheit gut gearbeiteter eiserner Cylindergebläse. Aber für die meisten Werke auf dem Kontinent war die Anschaffung derselben noch zu kostspielig. Man war nur an ganz wenig Plätzen im stande, die groſsen Gebläsecylinder zu gieſsen und auszubohren, die meisten Werke waren also noch auf den Bezug von England angewiesen und der war sehr teuer. Das Bestreben der kontinentalen Werke ging dahin, für die eisernen Cylindergebläse einen weniger kostspieligen Ersatz zu schaffen. Dies suchte man zunächst durch Verbesserungen der gebräuchlichen Gebläse zu erreichen.

Die am meisten angewendete Blasemaschine war der hölzerne Balg. Dieser erfuhr eine wesentliche Verbesserung in Schweden in dem Windholmgebläse. Der Erfinder Windholm soll die Idee dazu seinem Lehrer, dem berühmten Mechaniker Nordwall, verdankt haben [1]). Diese Idee, die in der Hauptsache darin bestand, daſs sich ein beweglicher Boden in einem feststehenden Kasten von unten bewegt, war keineswegs neu; Genssane hatte ein solches Gebläse schon angegeben, und waren solche auch eine Zeit lang in Frankreich verwendet worden. Windholms Blasebalg war diesem allerdings durch seine Konstruktion überlegen; Fig. 8 zeigt denselben. Das Gegengewicht zum Heben des Oberkastens fiel fort, weil der Unterkasten durch sein eigenes Gewicht zurückfiel. Der Hauptvorteil der Windholmgebläse bestand darin, daſs der bewegliche Boden beim höchsten Stande fast ganz den Deckel des Oberkastens berührte, so daſs kein schädlicher Raum blieb. Dies war dadurch ermöglicht, daſs der Wind nicht an der Spitze, sondern aus einer Öffnung im Deckel austrat, von wo er durch den Kanal *e* in das Rohr *f* trat. Ferner konnten bei dieser Konstruktion eine Anzahl

Fig. 8.



[1]) Siehe Blumhof, Encyklopädie der Eisenhüttenkunde, II, 259.

Digitized by Google

Bälge, oft vier bis fünf, derart nebeneinandergelegt werden, dafs ihre Seitenwände gemeinschaftlich waren, was die Anlagekosten wesentlich verringerte. Das vor den Bälgen liegende Sammelrohr oder die Windlade in der Verlängerung des Kastens war gemeinschaftlich. Von ihr aus wurde die Luft in den Ofen geführt. Diese Einrichtung, welche Hausmann in Deutschland bekannt gemacht hat[1]), war von dem Brukspatron Tham auf seinem Eisenhüttenwerke bei Österby zuerst angewendet worden. Sie fand in Schweden grofse Verbreitung und wurde auch in Deutschland auf der Rotenhütte und zu Tanne im Harz eingeführt. Sie sollte die Anlage der teuren Cylindergebläse unnötig machen. Wo man die alten Bälge beibehielt, verstärkte man sie zuweilen dadurch, dafs man drei und mehr Bälge miteinander verband. Man gab den alten Aberglauben, dafs das übliche über das Kreuz blasen von zwei Düsen in einer Form eine wichtige und wesentliche Sache sei, auf und „kuppelte“ die Bälge, indem man die Düsen erst in einen gemeinschaftlichen Windbehälter oder Sammelkasten blasen liefs, aus dem man dann den Wind durch eine Leitung und eine einzige Düse der Feuerstätte zuführte.

Als Ersatz für die Cylindergebläse sollten auch die Kastengebläse, namentlich die doppeltwirkenden, die zu Anfang des Jahrhunderts aufkamen, dienen. Man verband oft zwei oder mehr Kasten zu einem stärkeren Gebläse. Die gewöhnliche Form derselben war viereckig, doch machte man die Kasten besserer Gebläse auch öfter rund, wodurch sie zu Cylindergebläsen wurden. 1809 wurde z. B. auf der Eisenhütte in der Radmär in Steiermark ein neues Gebläse von sechs hölzernen Cylindern errichtet[2]); je drei standen auf einer Seite des Ofens und waren durch einen Regulator verbunden. Die Cylinder waren wie Tonnen aus starken Holzdauben verfertigt, welche durch vier Schliefsreife zusammengehalten wurden. Sie waren einfachwirkend und wurde der Wind aus einem auf den Deckel aufgesetzten Kästchen abgeleitet und durch ein Rohr dem Regulator zugeführt. Dieser bestand aus einem länglichen Holzkasten, auf welchem ein sogenannter Kondensator von Leder angebracht war. Letzterer bestand aus einem cylindrischen Lederbalge mit einem hölzernen Deckel, welcher durch Gewichte beschwert war und in der Mitte eine eiserne Führungsstange hatte, um den Kondensator beim Auf- und Niedergehen in

[1]) Siehe Hausmann, Reise durch Skandinavien in den Jahren 1806 und 1807, IV, 175.

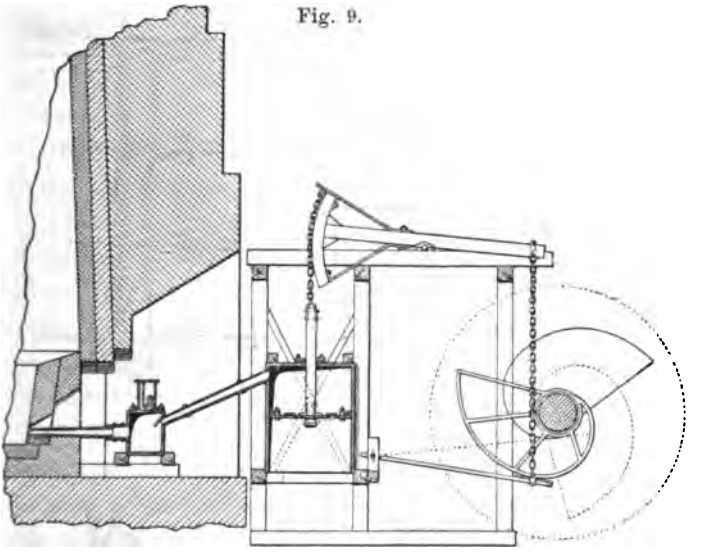
[2]) Siehe von Pantz und Atzl, Versuch einer Beschreibung der vorzüglichsten Berg- und Hüttenwerke des Herzogtums Steiermark, 1814, S. 335.

Digitized by Google

gleicher Richtung zu halten. Der Kolbenhub eines Cylinders betrug 3 Fuſs 2 Zoll (Wiener Maſs), jeder Hub lieferte 89,49 Kbfſs. Luft, bei sechs Huben in der Minute lieferten also die sechs Cylinder 3221,64 Kbfſs.

Fig. 9 zeigt ein Kastengebläse mit drei einfachwirkenden Kasten von der Altenauer Hütte im Harz aus dem Anfange dieses Jahrhunderts[1]). Der Wind aus den drei abwechselnd blasenden Kasten wird in einen Windsammelkasten geleitet, von wo er dem Ofen zu-

Fig. 9.



geführt wird. Hierbei ist auch die Übertragung der Bewegung mittels groſser epicykloidischer Kämme bemerkenswert.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts wurden die doppeltwirkenden Kastengebläse auf den Harzer Eisenhütten eingeführt und zwar wurde zuerst bei dem Hochofen zu Elend das alte mangelhafte Kastengebläse durch ein solches ersetzt, welches Fig. 10 u. 11 (a. f. S.) abgebildet ist[2]). Es bestand aus drei doppeltwirkenden Kasten, deren Wind in derselben Weise vereinigt wurde, wie bei dem Altenauer Gebläse. Die Gradführung der Kolbenstange war durch drei Ketten bewirkt, von denen die beiden äuſseren oben am Bogen des Balanciers und unten an der Kolbenstange befestigt waren, während die mittlere oben mit der Kolbenstange und unten mit dem Bogen des Balanciers verbunden war. Das Spiel des Gebläses ist aus der Zeichnung ersichtlich. Die

[1]) Abgebildet in Héron de Villefosse, De la richesse minerale, Pl. 50, Fig. 5 bis 8.

[2]) Héron de Villefosse, a. a. O., Pl. 50, Fig. 13 und 14.

Digitized by Google

Kästen waren oben und unten durch Deckel verschlossen, in welchen sich die Saugklappen befanden, während der Wind durch Röhren, welche durch Druckklappen verschlossen waren, abgeführt wurde.

Aus Villefosses Statistik des Harzes erfahren wir, dafs im Jahre 1806 auf den 20 braunschweigischen und hannöverischen Eisen-

Fig. 10.

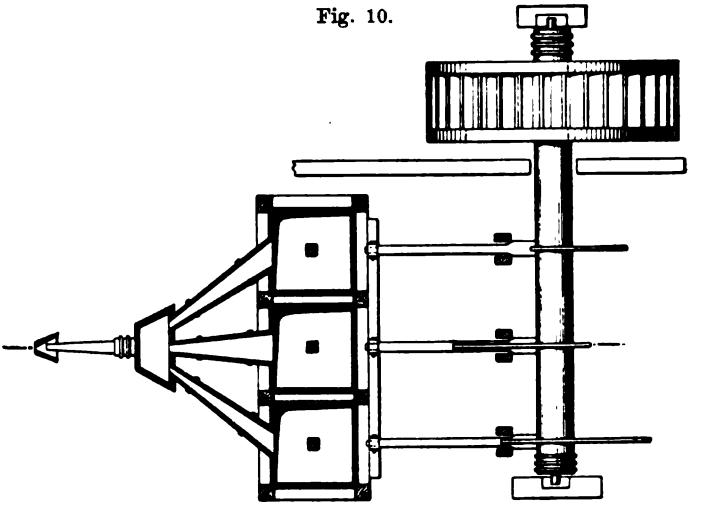
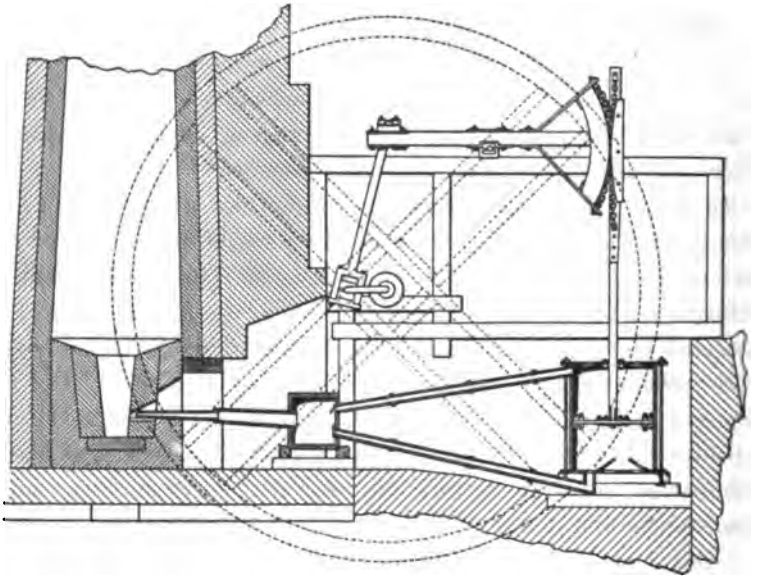


Fig. 11.



hütten des Harzes 18 Hochöfen auf 16 Hütten betrieben wurden. Kastengebläse gab es nur auf den Hütten zu Elend (das alte noch mit zwei einfachwirkenden Kasten), zu Altenau und zu Lerbach, die auf

Digitized by Google

den beiden letztgenannten Hütten hatten je drei Kasten. Alle übrigen Hochöfen wurden noch mit Holzbälgen betrieben und zwar acht mit Doppelbälgen, sechs mit dreifachen Bälgen, welche gekuppelt waren. Von diesen letzteren waren zwei auf Rotehütte, je einer auf Elend, Königshütte, Steinrenne und Gittelde. Eins der beiden Balgengebläse der Rotehütte wurde dann 1807 durch ein dreifaches Kastengebläse ersetzt. Ähnlich war das Verhältnis im übrigen Deutschland und in Frankreich, die Holzbälge herrschten noch bei weitem vor, und man fing erst hier und da an, sie durch Kasten- oder Cylindergebläse zu ersetzen.

Anstatt der kostspieligen eisernen Cylindergebläse versuchte man es an vielen Plätzen mit hölzernen Cylindern, die sich nicht nur billiger, sondern auch leichter überall herrichten liefsen. Das Beispiel von Radmär wurde oben schon angeführt, ebenso wendete man am Ural und in Sibirien vielfach Holzcylindergebläse an.

O'Reilly konstruierte ein solches Gebläse mit zwei Cylindern für die Hütte von Epine im Jahre 1802. Jeder Kolben machte 9 Touren in der Minute, wobei das Gebläse 800 Kbffs. Wind lieferte[1]). Ein sehr sorgfältig konstruiertes Cylindergebläse dieser Art erbaute der Maschinendirektor Henschel auf der Eisenhütte bei Homberg unweit Kassel um 1816. Es bestand aus zwei Cylindern von $3^1/_2$ Fufs Weite und 4 Fufs Höhe. Die starken, keilförmigen, abgepafsten Dauben waren in gufseiserne Ringe eingetrieben und mit einer besonderen Bohrmaschine glatt ausgebohrt. Die Kolben waren von Gufseisen, mit einer federnden Liderung, die mit gut graphitierten Leinwandstreifen überzogen war, gedichtet. Die eiserne Kolbenstange ging durch eine gut geliderte Stopfbüchse. Die Geradführung der Stange war durch eine Art Parallelogrammkrümmung bewirkt. Das ganze Blasegerüst war aus Eisen. Die beiden Doppelbläser waren mit einem über ihnen angebrachten, etwa 1000 Kbffs. fassenden Windsammelkasten verbunden. Das Gebläse lieferte bis zu 840 Kbffs. in der Minute[2]).

Alle diese Gebläse konnten trotz Verbesserungen und sorgfältigster Ausführung nicht mit den englischen eisernen Cylindergebläsen konkurrieren, sowohl hinsichtlich der Leistung als der Haltbarkeit. Die Überlegenheit der Engländer im Hochofenbetrieb beruhte nicht zum kleinsten Teile auf ihren besseren Blasemaschinen. In England wufste man bereits aus Erfahrung zu sehr den Wert eines guten Gebläses zu schätzen, um vor den höheren Anlagekosten zurückzuscheuen,

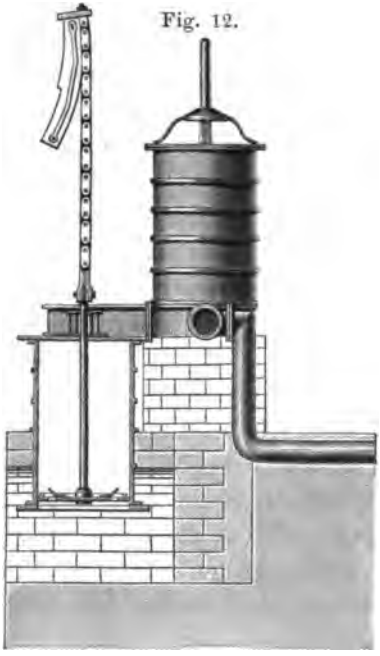
[1]) Siehe Annales des arts et manufactures, X, 26.

[2]) Nach Angabe des Hofkammerrats Klipstein in Blumhofs Encyklopädie, II, 253.

Digitized by Google

wie dies auf dem Kontinent noch geschah. Auf allen Eisenhüttenwerken bediente man sich der eisernen Cylindergebläse und baute dieselben von gewaltigen Dimensionen. Die älteren waren alle einfachwirkend, und sie verleugneten darin ihren Ursprung von der alten Feuermaschine nicht. Um einen gleichmäfsigen Gang zu erzielen, mufste man sie mit Regulatoren verbinden. Als Betriebskraft wendete man immer mehr die Wattsche Dampfmaschine an und zwar Balanciermaschinen mit aufrechtstehendem Dampf- und Gebläsecylinder. Fig. 12 zeigt einen Theil der älteren englischen Gebläsemaschine von Le Creusot nach der Abbildung von Héron de Villefosse. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, war hierbei der Gebläsecylinder unten noch offen; oben war er eigentümlicherweise mit zwei cylindrischen Trockenregulatoren verbunden. Die Maschine machte 15 Touren in der Minute, und obgleich die Regulatoren mit 80 bis 90 Ctr. Eisen beschwert waren, wurde der schwebende Kolben doch oft über seinen höchsten Stand gepreſst, worauf dann ein Teil der Luft durch ein Ventil entwich.

Fig. 12.



Mit dem neuen Jahrhundert begann man auch doppeltwirkende Cylindergebläse zu bauen und zwar von den gröfsten Dimensionen. Man hatte in England, wo man in der Gieſserei und der Bearbeitung der Cylinder viel weiter vorgeschritten war, eine Vorliebe für grofse Maschinen mit einem mächtigen Gebläsecylinder, während man auf dem Kontinent auch noch nach dieser Zeit mit Vorliebe Gebläse mit mehreren, drei bis sechs kleineren Cylindern baute. Man machte die Maschinen in England so grofs, dafs sie nicht einen Ofen, sondern mehrere bedienen konnten. Auf den Level Iron-works in Staffordshire erhielten im Jahre 1814 drei nebeneinander stehende Hochöfen von 42 Fufs Schachthöhe, deren jeder wöchentlich 70 bis 100 Tonnen und mehr Eisen produzierte, ihren Wind durch einen einzigen Gebläsecylinder von 9 Fufs Durchmesser und 9 Fufs Kolbenhub, welcher von einer 50pferdigen Dampfmaschine bewegt wurde. Weil der Cylinder, welcher seinen Wind in

Digitized by Google

einen grofsen eisernen Wasserregulator abgab, oben und unten geschlossen war und folglich doppelt arbeitete, so war die ausgepreſste Luftmenge für die Minute zu 14 Kolbenzügen gleich 15866 Kbffs. Diese Luftmenge versorgte nicht nur die drei Hochöfen, sondern auch noch drei Feineisenfeuer (refining-furnaces), jedes zu drei Düsen [1]).

Hochöfen
1801 bis 1815.

Die Verbesserungen der Gebläsemaschinen führt uns zu den Verbesserungen des Hochofenbetriebes, die mit jenen im innigsten Zu-

Fig. 13.

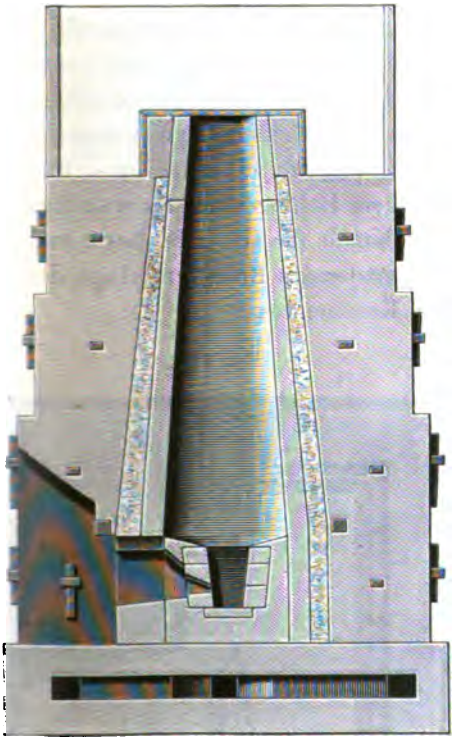
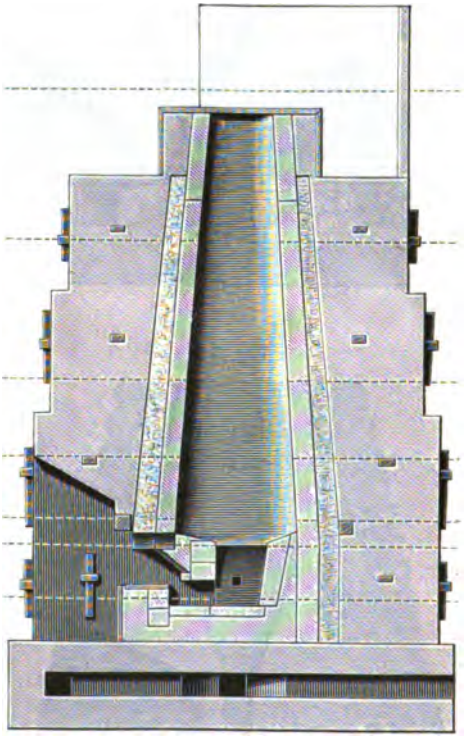


Fig. 14.



sammenhange standen. Die Fortschritte in der Konstruktion und dem sorgfältigeren Aufbau der Hochöfen werden am besten durch einige

[1]) Siehe J. C. Fischers Tagebuch einer im Jahre 1814 gemachten Reise über Paris nach London und einigen Fabrikstädten Englands, vorzüglich in technologischer Hinsicht. Aarau 1816. S. 69.

Digitized by Google

Abbildungen von Héron de Villefosse aus dem Anfange des Jahrhunderts illustriert. Fig. 13 und 14 (a. v. S.) stellen einen Harzer Holzkohlenofen zu Elend von 1806 in den Vertikalschnitten durch das Formgewölbe und das Arbeitsgewölbe dar. Fig. 15 zeigt den Vertikalschnitt durch die beiden Formen, Fig. 16 den Vertikalschnitt durch das Arbeitsgewölbe, Fig. 17 den Horizontalschnitt durch die Formen eines Kokshochofens der Königshütte in Oberschlesien, Fig. 18 zeigt die Frontansicht und Fig. 19 den Grundrifs dieser berühmten, nach englischem Muster 1802 vollendeten Hochofenanlage mit zwei Hochöfen, dem Reden- und dem Heinitzofen. Es war dies damals die schönste, beste und modernste Koksofenanlage des Kontinentes.

Fig. 15.

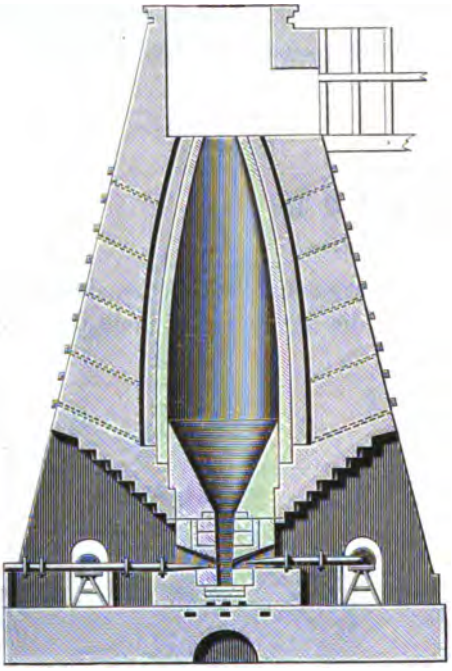


Fig. 16.

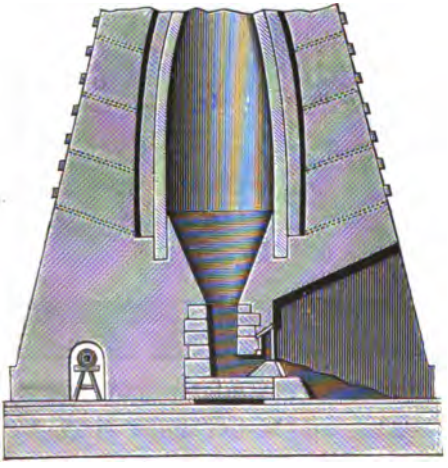
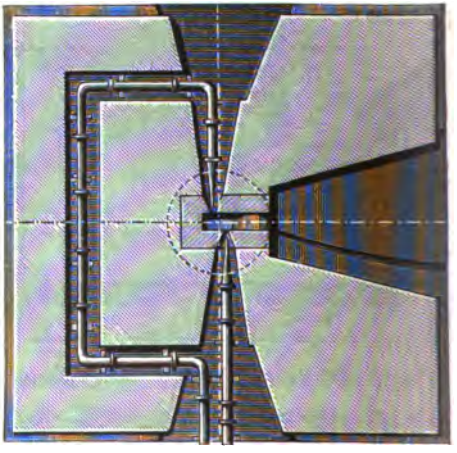


Fig. 17.



Die Produktion eines Hochofens ist in erster Linie von der entwickelten Wärmemenge, also von dem Verbrauch an Kohle und Luft

Digitized by Google

abhängig. Unter den gleichen Bedingungen wird ein Mehrverbrauch der letzteren eine Erhöhung der Produktion herbeiführen. Dies setzt aber voraus, dafs das Schmelzgefäfs die entsprechende Gröfse hat. Die Vergröfserung der Hochöfen mufste also mit der Anwendung stär-

Fig. 18.

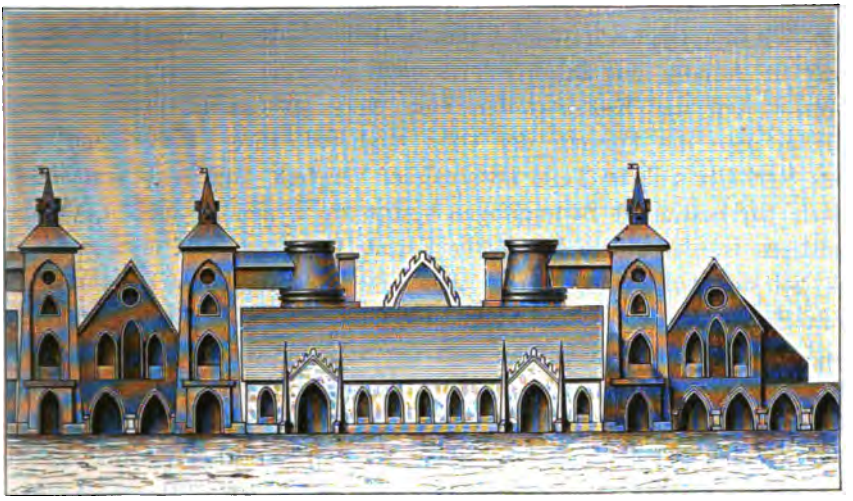
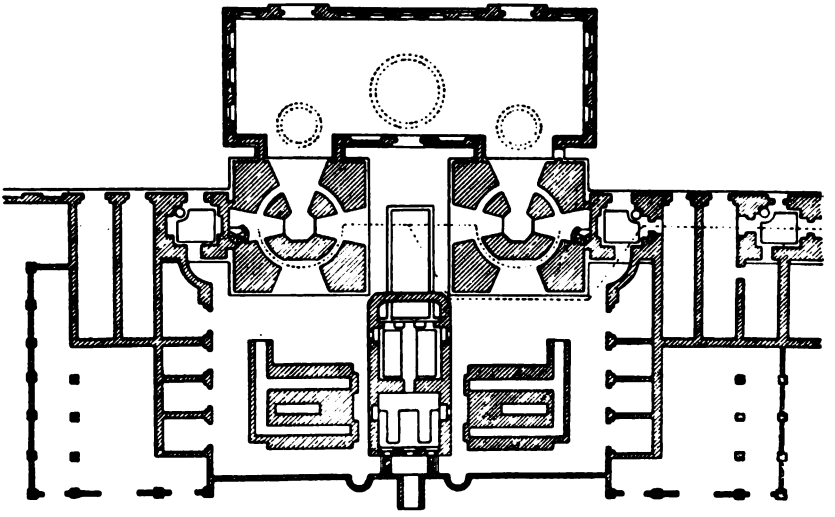


Fig. 19.



kerer Gebläse Hand in Hand gehen. Nach beiden Richtungen hin erstrebte man Verbesserungen. Allerdings geschah dies öfters in einseitiger Weise; doch hatte man in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts durch zahlreiche Erfahrungen gelernt, dafs die Vergröfserung

Digitized by Google

der Öfen nur soweit vorteilhaft sei, als sie dem Windquantum, also dem Gebläse, entsprechend war, während umgekehrt eine einseitige Verstärkung des Gebläses die Wände eines zu kleinen Ofens rasch zerstörte.

Wir haben schon wiederholt Gelegenheit gehabt, darauf hinzuweisen, wie mannigfaltig und abweichend die Hochöfen in ihrer inneren Form sich entwickelt hatten. Die Mannigfaltigkeit der Form, die sich hauptsächlich aus der verschiedenen Natur der Erze herleitete, war im Anfang des Jahrhunderts nicht geringer, sondern durch das Hinzutreten der Kokshochöfen eher noch gröfser geworden. Aber indem man die Formen der Öfen studierte, ihre Dimensionen und das Verhältnis ihrer Teile miteinander verglich, kam man von selbst dazu, für bestimmte Bedingungen bestimmte Typen zu suchen, welche mittlere Durchschnitte bewährter Formen bildeten, und man vermied es bei der Aufführung neuer Öfen, in Einseitigkeiten zu verfallen. Bezüglich der Gröfse und Höhe der Öfen läfst sich dies zwar kaum sagen, denn hierin liefs man sich nur von der Gröfse der erstrebten Produktion leiten, die von vorhandenen Bedingungen abhängig war. Infolgedessen sehen wir die Höhe der sogenannten Hochöfen zu Anfang des Jahrhunderts zwischen 16 und 70 Fufs (5 bis 22 m) schwanken. Aber auch hier kam man auf gewisse Durchschnittswerte, Mittelgröfsen. Die Holzkohlenöfen baute man nicht so hoch als die Kokshochöfen. Erstere schwankten zwischen 5 und 13,18 m. 5 m war die Höhe eines kleinen Flofsofens in Neuberg in Steiermark, während 13,18 m die Höhe des grofsen sibirischen Hochofens zu Newiansk war. Als mittlere Höhe eines Holzkohlenhochofens galt in Deutschland und Frankreich 30 Fufs (9,39 m), und daran hielt man sich mehr oder weniger bei Neubauten. Die älteren Koksöfen in England, sowie die zu Creusot und Gleiwitz hatten nur 37 und 38 Fufs, dagegen hatten die neueren englischen Öfen Höhen von 40 bis 70 Fufs. 42 Fufs galt für die mittlere Höhe eines Koksofens auch auf dem Kontinente, und unter 40 Fufs baute man damals nicht leicht einen neuen Ofen. Diese Mafse entsprachen am besten den damaligen Verhältnissen.

Produktion und Kohlenverbrauch hingen aber durchaus nicht allein von der Gröfse des Ofens und des Gebläses, sondern sehr wesentlich auch von der Natur der Erze ab. Es nutzte nichts, dieselben Apparate, welche sich an einem Platze bewährt hatten, an einem anderen in Anwendung zu bringen, wenn die Natur des Erzes dies nicht gestattete. Gewifs war es belehrend, möglichst viele Hochöfen nach ihren Mafsen und nach ihren Produktionen zu vergleichen; wenn man

Digitized by Google

aber die Natur und Zusammensetzung der Erze, der Zuschläge und des Brennmaterials nicht berücksichtigte, hatten diese Vergleichungen keinen grofsen Nutzen. Indessen war es natürlich, dafs sie angestellt wurden, und gerade im Anfange dieses Jahrhunderts beschäftigten sich die Metallurgen mit Vorliebe mit solchen vergleichenden Zusammenstellungen. Besonders war es von Marcher, welcher mit grofsem Fleifse Material hierfür sammelte und 117 Hochöfen nach ihren Hauptmafsen, ihrer Produktion u. s. w. beschrieb und in vergleichenden Tabellen zusammenstellte. Diese Tabellen haben mehr einen historischen als einen praktischen Wert, immerhin waren es wichtige Bausteine für den Ausbau der Hüttenkunde. von Marcher führt viele Beispiele auf, dafs die Erhöhung eines Ofens auch die Erhöhung der Produktion zur Folge hatte [1]). Ebenso sollte die Erhöhung mit einer Ersparnis an Kohlen Hand in Hand gehen. von Marcher stellte sogar eine Tabelle auf, wonach die Erhöhung eines Hochofens um je 2 Fufs in den Grenzen zwischen 12 und 26 Fufs eine Ersparnis von je $^1/_{16}$ an Kohle zur Folge hätte [2]).

Keineswegs geht aus von Marchers Tabellen hervor, dafs die Gröfse der Produktion und der Kohlenverbrauch in unmittelbarer Abhängigkeit von der Höhe der Öfen stehen. Vergleicht man die grofse Zahl Flofsöfen von Steiermark und Kärnten, welche v. Marcher zusammengestellt hat, so sieht man, dafs der Kohlenverbrauch für 100 Gewichtstle. erzeugtes Roheisen durchaus nicht immer mit der Höhe abnimmt. Die Höhe von 34 dieser Öfen schwankt zwischen $16^1/_2$ und 35 Fufs. Der höchste derselben, der von Treybach in Kärnten, mit zwei Blaseformen und 112 Ctr. Produktion, verbrauchte 125 Tle. Holzkohlen auf 100 Tle. Eisen, während ein Ofen von Rettelstein in Steiermark von 20 Fufs (6,52 m) Höhe nur 66 Tle. Kohlen verbrannte. Wie verschieden aber der Kohlenverbrauch bei gleicher Ofenhöhe war, beweist folgendes: Sechs Hochöfen von 20 Fufs Höhe, nämlich zwei der Familie Rauscher, einer zu St. Leonhard, einer zu St. Gertrud in Kärnten, einer von Vordernberg und einer von Rettelstein in Steiermark, verbrauchten 117, 110, 260, 299, 117 und 66 Tle. Kohlen auf 100 Tle. Eisen. War die Verschiedenheit des Kohlenverbrauchs schon grofs bei der Verschmelzung ähnlicher Erze und ähnlicher Kohlen, wie dies in Kärnten und Steiermark der Fall war, so war sie noch gröfser bei der Verschmelzung verschiedener Erze in verschiedenen Ländern. Dies zeigen nachstehende Tabellen.

[1]) Siehe von Marcher, Beiträge zur Eisenhüttenkunde, I. Teil, Bd. III, S. 12.
[2]) A. a. O., S. 37.

Digitized by Google

Vergleichende Tabelle über das Ausschmelzen von Spat- und Brauneisenstein in verschiedenen Öfen.

(Héron de Villefosse, La richesse minérale, III, 420, 421.)

Bezeichnung der Öfen und der Länder	Höhe Fufs	Ausbringen aus den Erzen in Pros.	Kohlenverbrauch für 100 Tle. Roheisen aus dem Erz	Kohlenverbrauch für 100 Tle. Schmiedeeisen aus d. Roheisen	Abbrand resp. Ausbringen a. 100 Tln. Roheisen	Gesamt-Verbrauch auf 100 Tle. Eisen d. Erzes an Erz	Gesamt-Verbrauch auf 100 Tle. Eisen d. Erzes an Kohle	Wochenproduktion Ctr.	Frischverfahren	Bemerkungen
1. Catalanschmiede (Pyrenäen)	3	35	—	—	—	286	300	90	Direktes	nach de la Peyrouse
2. do. v. Pinsot, Dep. Isère mit Erz von Allevard	3	33	—	—	—	301	266	90	do.	nach Gueymard (1807)
3. Stückofen zu Schmalkalden (kl. Blauofen)	16	35	350	150	90	444	538	70 gefrischtes	Löschfrischen	nach Quantz
4. Stückofen zu Eisenärz	12	42	210	125	92	258	340	224 Roheisen, daraus 207 Schmiedeeisen	do.	nach Marcher (Nr. 79)
5. Flofsofen zu Schmalkalden (gr. Blauofen)	24	40	130	270	75	333	443	245 Roheisen und 184 Schmiedeeisen	Dtsch. Frischschmiede	nach Quantz
6. Flofsofen von Steiermark	18	45	142	125	88	250	287	420 Roheisen und 370 Schmiedeeisen	Steier. Frischschmiede	nach Marcher
7. Flofsofen von Steiermark	19½	50	133	125	88	227	275	665 Roheisen und 585 Schmiedeeisen	do.	nach Marcher
8. Flofsofen vom Zillerthal in Tirol	22	22	440	378	75	605	965	230 Roheisen und 172 Schmiedeeisen und Stahl	Brescianschmd. (afinage bergamasque)	nach Lampadius
9. Blauof. im Dep. Isère mit Erz von Allevard	20	32	275	333	80	390	677	238 Roheisen und 190 Eisen und Stahl	do.	nach Baillet et Rambourg
10. Italienischer Blauofen in Savoyen	20	33	265	550	80	378	881	231 Roheisen und 185 Eisen	do.	nach Lelivec
11. Hochofen in Gittelde	24	25	344	220	72	555	699	144 Roheisen und 104 Eisen	Dtsch. Frischschmiede	nach Héron de Villefosse
12. do. Siegen.	22	36 (Roheisen)	175	70	82	338	284	252 Roheisen und 206 Eisen	do.	nach Becher
12a. do. do. .	22	36 (Stahleisen)	175	155	76	365	385	252 Roheisen und 181 Stahl	do.	nach Becher

Digitized by Google

	Name der Öfen	Höhe			Weite		Verbrauch		Gewichtan Roheisen	
		ganze	des Schachts	des Gestells	des Bauches	der Gicht	Wind pro Min.	Kohle pr. 100 Pfd.	Proz. des Erzes	in 24 Stdn.
		Fufs	Fufs	Fufs	Zoll	Zoll	Kubikfs.	Pfd.		Ctr.
Kärnten	v. Rauscher . .	18	9	9	45	17	500	137	42	52
	do. . .	20	10	10	45	17	600	117	43	63
	do. . .	30	20	10	48	20	650	95	47	75
	St. Gertrud . . .	20,6	10,3	9,9	46	18	—	299	45	35
	Mossinz	27	17	10	48	24	700	150	52	79
	Treybach (2 Form.)	35	25	10	72	24	1800	123	53	112
Steiermark	Neuberg	16,6	11,3	5,3	72	26	400	221	36	32
	Vordernberg . .	17	11	6	46	13	400—500	147	47	50
	„ . .	19	13	6,1	80	34	700—800	184	40	80
	„ (2 Form.)	19	12	7	60	21	1000	132	50	95
	Eisenerz do.	30	19	11	96	30	1000	182	40	110
	Horzowitz, Böhmen.	32	?	?	84	—	—	184	32	77
	Libethen, Ungarn .	23,6	14,3	9,7	57	23	—	549	25	60
	Rohnitz, do. .	25	16	9	57	25	—	404	26	70
	Mitterwald, Nd.-Ung.	30	20	10	84	42	1200 (?)	201	36	179
	Johann-Georgenstadt, Sachsen	19,6	13,7	5,11	56	27	—	195	38	49
	Schmalkalden . . .	20,8	10,9	9,11	63	20	—	168	48	58
	Norwegen, Laurwig	29,4	20,7	8,9	94	47	—	357 (?)	44	28
	Schweden (2 Formen)	24	19	5	80	50	—	126	47	180
	Ruschwinski, Sibirien	23,9	17,8	6,1	80	—	—	321	50	124
	Petrokamensk, „	35,3	22	13,3	137	74	1200—1500	160	52	415
	Newiansk, „	41	27,7	13,5	137	80	1800	115	62	630

Die erste von Héron de Villefosse giebt die Schmelzresultate von Spat- und Brauneisenstein in verschiedenen Arten von Öfen, die zweite von Hassenfratz giebt eine Zusammenstellung bekannter Holzkohlenhochöfen verschiedener Länder nach von Marchers Angaben.

von Marcher hat sich die gröfste Mühe gegeben, das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis der Hauptmafse der Hochöfen festzustellen, um aus gegebenen Bedingungen die beste Form eines Hochofens berechnen zu können. Die Grundlage seiner Untersuchung bildeten die kärntnischen Flofsöfen. Da diese sich aus ganz eigenartigen Verhältnissen entwickelt haben, so können sie als allgemein gültig nicht angesehen werden. Schon aus diesem Grunde bleibt von Marchers Arbeit nur ein interessanter Versuch. Immerhin sind von Marchers Tabellen, von denen die erste und vierte die zweckmäfsigsten Dimensionen eines Hochofens mit einer Form, Tabelle II

Digitized by Google

und III dieselben von Hochöfen mit zwei Formen enthält, von Werth. Viel wichtiger sind aber die grofsen Tabellen VI, VII, VIII, IX, welche vergleichende Zusammenstellungen der Mafse, der Beschickung, des Ausbringens, Kohlenverbrauches und der Gebläse nebst Bemerkungen über die Natur der Erze und des Eisens einer grofsen Zahl von Hüttenwerken enthalten. Aus diesen sind auch unsere beiden abgekürzten Tabellen ausgezogen. Auf einige der Resultate Marchers werden wir später noch zurückkommen.

Es wurde bis jetzt hauptsächlich nur von der ganzen Ofenhöhe gesprochen, während doch die übrigen Mafse des Hochofens, die Höhe von Gestell und Rast und die Weite von Gestell, Kohlensack und Gicht ebenso wichtig sind. Im allgemeinen nehmen diese ja bei denselben Erzen im Verhältnis zur Gesamthöhe zu, aber die Verhältnisse dieser Mafse unter sich sind bei den verschiedenen Erzarten verschieden, und die Kenntnis dieser Abweichungen ist für den Hüttenmann von grofser Wichtigkeit. Karsten hat diese Mafsverhältnisse in seiner Eisenhüttenkunde von 1816 bereits gründlich erörtert, und teilen wir das Wichtigste daraus kurz mit, indem wir zur Vergleichung die Ansichten von Marchers beifügen. Es ist dabei zu beachten, dafs Karstens Erfahrungen hauptsächlich auf dem Betriebe von Holzkohlenöfen in Preufsen und im Harz und von Kokshochöfen zu Gleiwitz und Königshütte in Schlesien, von Marchers Erfahrungen besonders auf dem Flossenofenbetrieb in Österreich-Ungarn begründet waren.

Die Höhe des Hochofens mufs, nach Karsten, bei strengflüssigen Erzen gröfser sein als bei leichtflüssigen; ebenso mufs sie bei der Darstellung von grauem Eisen gröfser sein als bei weifsem. Öfen, die mit starkem Gebläse, d. h. mit hohem Winddruck arbeiten, müssen höher sein als solche mit schwachem Gebläse, und dem entsprechend müssen die Öfen bei schwerem und festem Brennmaterial höher sein als bei leichtem und lockerem.

Die Weite des Schachtes steht bei sonst gleichen Bedingungen meist im umgekehrten Verhältnis zu der Hitze im Schmelzraume: man macht den Schacht enger, um die Hitze mehr zu konzentrieren. Je schwächer das Gebläse und je strengflüssiger die Erze sind, je enger macht man den Ofen, während leichtflüssige Erze und starkes Gebläse eine weite Zustellung verlangen. Der Ofenschacht ist der Vorbereitungsraum für die Schmelzung. Die Vorbereitung der Erze wird um so vollkommener sein, je länger die Erze in demselben verweilen, je gröfser also der Inhalt des Schachtes im Verhältnis zum

Digitized by Google

ganzen Ofen ist. Ist der Schacht zu eng, so gelangt das Erz zu rasch in den unteren Ofenraum, den Schmelzraum, wobei leichtflüssige Erze zu rasch reduziert und geschmolzen werden und weifses Eisen geben, während strengflüssige Erze noch teilweise ungeschmolzen vor die Form gelangen, wodurch Rohgang und ebenfalls weifses Eisen entstehen. Graues Eisen erfordert also höheren und weiteren Schachtraum als weifses. Aufserdem richtet sich die Weite der Schächte nach der Festigkeit des Brennmaterials, deshalb macht man die Schächte der Koksöfen immer weiter als die der Holzkohlenöfen und die der letzteren um so enger, je leichter die Kohlen sind, indem man hierbei lieber, wenn ein gröfserer Schachtraum erforderlich ist, an der Höhe zusetzt. Es kommt aber nicht nur die durchschnittliche Weite des Schachtes, sondern auch die Erweiterung desselben von der Gicht bis zur Rast in Betracht. Man kann den Kohlensack im Verhältnis zur Gicht um so weiter machen, je leichtflüssiger die Erze sind. Durch eine enge Gicht hält man die Hitze im Ofen zusammen, bewirkt aber auch ein stärkeres Zusammendrücken der Erz- und Kohlengichten, und wenn der Schacht sich nach dem Kohlensack zu rasch erweitert, eine ungleiche Ausbreitung der Erze beim Niedersinken. Diese Nachteile sind um so gröfser, je dichter und mulmiger die Erze und je schwerer entzündlich die Kohlen sind. Sehr locker liegende Erze können nach Karsten bei einer Höhe des Ofens von 40 Fufs (12,55 m) und bei einer Weite im Kohlensack von 11 bis 13 Fufs (3,45 bis 4,08 m) oft höchst enge Gichten von 18 Zoll (0,47 m) im Durchmesser ohne Nachteil des Ganges ertragen. Bei dichtliegenden Erzen, welche die Hitze sticken oder dem Winde den Durchgang erschweren, macht man die Gicht 3 bis $4^1/_2$ Fufs (0,94 bis 1,41 m) weit, je nachdem der Kohlensack 6 bis 12 Fufs (1,88 bis 3,77 m) im Durchmesser hat.

Die scharfen Winkel zwischen Rast und Schacht müssen vermieden werden, damit sich die Gichten nicht steifen und plötzlich zu sehr gepreſst werden; ein cylindrisches Übergangsstück, ein wirklicher Kohlensack, ist deshalb oft gut, zum mindesten mufs der Winkel gebrochen werden. Bei plötzlichen Erweiterungen und Verengungen ist immer zu befürchten, dafs das leichte Brennmaterial von den Erzen auf die Seite gedrückt wird und unwirksam verglimmt. Bei strengflüssigen Erzen und leicht zerstörbaren Kohlen legt man den Kohlensack möglichst nahe an den Schmelzraum, wodurch die flachen Rasten entstehen, welche das Einrücken der Erze in den Schmelzraum verlangsamen sollen. Diesen Zweck erreicht man aber besser

Digitized by Google

durch Erhöhung des Schmelzraumes selbst, weil die flachen Rasten ein Festhängen der Masse und unregelmäfsigen Gichtengang bewirken. Zu steile Rasten haben den Nachteil, dafs die Masse zu sehr zusammengepreſst und der Wind aufgehalten wird. Nach den in Schlesien gemachten Erfahrungen ist eine Rast, welche das Gestell mit dém Kohlensack in einem Winkel von 66 bis 70° verbindet, am besten. Bei stärkerem Winde kann man die Rast flacher halten als bei schwächerem, dennoch empfiehlt es sich nicht, sie bei Holzkohlen flacher als 60° und bei Koksöfen flacher als 66° zu halten.

von Marcher verwirft die Rast überhaupt. Er teilt den Hochofen nur in zwei Teile, den Calcinationsraum (Schacht) und den Schmelzraum. Die Wände des letzteren sollen nicht über 70° geneigt sein. Am besten sei für den Schmelzraum eine Neigung von 75° und für den Calcinationsraum von 82° 13′. Das beste Verhältnis des Inhalts des ersten zum zweiten sei wie 1 zu 3. In der Praxis gebe man dem Hochofen einen möglichst weiten Schmelzraum und erhöhe den Calcinationsraum, so lange sich noch ein Vorteil ergiebt.

Die Höhe des Gestells richtet sich, nach Karsten, hauptsächlich nach der Gröfse des Ofens. Gestelle von 4 bis 5 Fufs (1,13 bis 1,57 m) Höhe sind zu niedrig, doch giebt es ebenso auch eine obere Grenze. Strengflüssige Erze und schwache Gebläse erfordern höhere und engere Zustellung, auch macht man das Gestell um so höher, je leichter die Kohlen sind. Hohe und enge Gestelle geben immer graues Eisen. Strengflüssige Erze sollen in Gestellen von nicht unter 6 Fufs (1,88 m) Höhe und 18 Zoll (0,47 m) Weite vor der Form verschmolzen werden. Bei den Koksöfen ist man schon durch die stärkere Hitze, welche die Wände angreift, auf eine gröfsere Weite von 22 Zoll (0,58 m) und mehr angewiesen, und diese gröfsere Weite sucht man durch die gröfsere Höhe des Gestelles von $6^1/_2$ bis 7 Fufs (2 bis 2,20 m) wieder unschädlich zu machen. Die Entfernung des Bodensteines von der Form, die Formhöhe, ist bedingt durch die Höhe des Gestelles. 12 bis 14 Zoll (0,314 bis 0,336 m) haben die niedrigen Holzkohlenöfen, während die mit hohem Gestell 18 Zoll (0,47 m) haben. Bei Koksöfen liegt die Form immer 4 bis 5 Zoll höher, also 22 bis 23 Zoll (0,60 m) vom Bodenstein.

von Marcher hat folgende Regeln aufgestellt: Das vorteilhafteste Gestell ist dasjenige, welches den gröfsten Kubikinhalt bei ausreichender Wirkung des Windes hat (§. 220).

Ein längliches Viereck im Verhältnis von 5 zu 7 ist die beste Querschnittsform eines Gestelles (§. 221).

Digitized by Google

Die Luftströme verhalten sich wie die Kubikzahlen der Durchmesser ihrer Kugeln, von denen die Luftströme Ausschnitte sind. Eine Luftmenge von 672 Kbfs. in der Minute entspricht dem Radius eines Luftstromes von 24 Zoll (§. 222).

Die Form soll nach Karsten möglichst in der Mitte liegen. Eine Form genügt bei ganz enger Zustellung von etwa 12 Zoll (0,314 m), weil dann der Wind sich bis zu den entfernten Punkten des Gestelles ausbreiten kann, da aber bei stärkerem Gebläse eine so enge Zustellung wegen der Haltbarkeit der Gestellwände nicht möglich ist, so wendet man bei weiterem Gestell zwei einander gegenüberliegende Formen an. von Marcher stellt die Regel auf: Besser zwei Formen gegenüber als die gleiche Windmenge durch eine Form. Bei den Holzkohlenhochöfen war es noch Gebrauch, den Formen, welche halbkreisförmigen Querschnitt hatten, eine kleine Neigung in dem Ofen zu geben, doch sollte dieselbe nach von Marcher 1 bis 2^0 nicht übersteigen.

Karsten erklärt sich entschieden gegen jede Abweichung von der regelmäfsigen Gestalt des Ofengestelles, er verwirft die sogenannte lange Ecke, die ungleiche Neigung der Rastwände, das Verrücken des Gestelles aus der Mittellinie.

Karstens Entwicklung der Ofenformen im Höhenschnitt von dem einfachen rechtwinkeligen Viereck ist geometrisch wohl einleuchtend, aber nicht historisch. Wir haben Gelegenheit gehabt zu zeigen, dafs die ältesten bekannten Öfen (Siegerland, Eifel) nicht immer die einfachsten Querschnittsformen zeigen. Ebenso ist die Annahme, dafs die Blauöfen ohne Gestell überall den Hochöfen mit Gestell vorausgegangen seien, eine unerwiesene Behauptung.

Der Lebensatem des Hochofens ist der Wind. Von der Stärke des Gebläses sind der Betrieb und die Dimensionen des Ofens abhängig, und das war früher um so mehr der Fall, als man meist von einem gegebenen Wassergefälle abhängig war. Da dieses oft nur den Betrieb eines kleinen Gebläses zuliefs, so kam es, dafs man die kleinen Hochöfen beibehielt, obgleich man die Vorzüge der gröfseren Öfen wohl kannte. von Marcher stellt den Satz auf: Bei angemessenem Winde verhält sich das Ausbringen wie die Querschnitte der Formen, der Kohlenverbrauch aber wie die Menge des Windes. Weiterhin lehrt er: Von allen Hochöfen ist unter gleichen Verhältnissen der, welcher zur Bezwingung der Erze das kleinste Gebläse bedarf, der beste (§. 226).

Zu einem guten Schmelzbetriebe gehörte aufser den richtigen

Digitized by Google

Maſsverhältnissen des Hochofens auch, daſs die Dichtigkeit des Windes oder die Pressung zu der Beschaffenheit der Kohle in richtigem Verhältnis stand. Diese war sehr ungleich für leichte Holzkohle und festen Koks. Karsten giebt die nachfolgenden Windpressungen, gemessen durch die Höhen der Wassersäule, welchen sie das Gleichgewicht halten, an. Diese sollen, um die Kohlen mit gröſster Wirkung zu verbrennen, betragen [1]):

bei sehr leichten Tannen- und Fichtenkohlen zwischen	1 [2])	bis	$1^1/_2$ Fuſs
„ guten und nicht überbrannten Fichten- und Tannenkohlen	$1^1/_2$	„ 2	„
„ harten, gesunden Kiefern- und Laubholzkohlen	2	„ 3	„
„ weichen und leicht verbrennlichen Koks . . .	4	„ 6	„
„ harten und schwer „ „ . . .	6	„ 8	„

Die Menge des Windes und die Gröſse des Hochofens müssen in einem gewissen Verhältnis stehen; doch lassen sich bestimmte Zahlen dafür nicht angeben. Karsten sagt, ein Gebläse, welches in jeder Minute 1200 Kbffs. (37,1 cbm) Luft hergiebt, scheint einen 40 Fuſs (12,55 m) hohen, mit Holzkohlen betriebenen Ofen bis zur Gicht hinlänglich erhitzen zu können, wenn der Wind mit der, der Beschaffenheit der Kohlen angemessenen Windgeschwindigkeit ausströmt. Ein Gebläse, welches nur 200 bis 300 Kbffs. (6,18 bis 9,23 cbm) Luft liefert, würde einem 20 Fuſs (6,28 m) hohen Ofen, dessen gröſste Weite 5 Fuſs (1,57 m) beträgt, kaum gehörige Hitze mitteilen.

Obgleich zu Anfang des 19. Jahrhunderts die meisten Hochöfen, selbst in England, nach alter Weise nur eine Form hatten, so war doch praktisch und theoretisch die Zweckmäſsigkeit, ja die Notwendigkeit von zwei auf den beiden Seiten, rechts und links der Vorderseite, sich gegenüberliegender Formen anerkannt. Die Bedenken, daſs die beiden entgegengesetzten Windströme sich stören könnten, war durch die Erfahrung widerlegt.

Indessen ging man auf dem Kontinente doch nicht ohne Ängstlichkeit an diese Neuerung. Als man im Jahre 1807 den Hochofen zu Elend mit zwei Formen zustellte, legte man dieselben 10 Zoll, vom Mittel jeder Form an gerechnet, aneinander vorbei. Das Ausbringen, das vordem 300 bis 320 Ctr. wöchentlich betragen hatte, stieg auf

---

[1]) Vergl. Roebuck, Über das Verhältnis der Geschwindigkeit zu der Menge des Windes, und Beweis, daſs zu groſse Geschwindigkeit wegen des geringen Ausbringens nachteilig sei; Gilberts Ann. d. Phys., IX, 54.

[2]) 1 Fuſs = 0,31385 m.

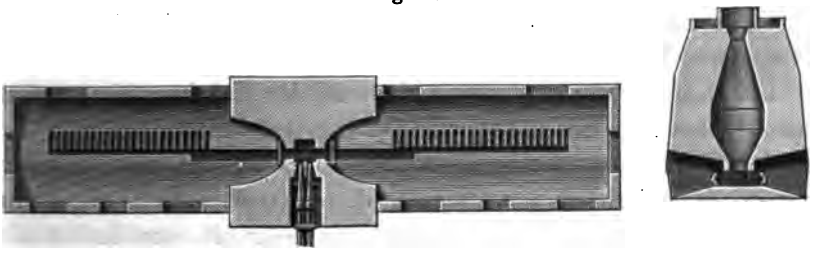
Digitized by Google

390 bis 401 Ctr. Man hatte bei diesem Abstande der Formen von 10 Zoll bessere Resultate erhalten als bei dem Abstande von 3 bis 5 Zoll. Kokshochöfen baute man bereits stets mit zwei Formen. Drei Formen waren ebenfalls in England schon in Anwendung gebracht worden. Karsten sagt (1816): Hochofenzustellungen mit drei Formen im Formstein, Windstein und Rückstein sind in neuester Zeit in England angewendet worden; bei langen und grofsen Gestellen und bei hinlänglicher Windmasse mufs diese Zustellung unbezweifelt den gröfsten Nutzen gewähren.

Der frühere Versuch auf dem Eisenwerke Leven, mit zwei Formen auf einer Seite und einer auf der entgegengesetzten zu blasen, hatte keine Nachahmung gefunden. Zu Lerbach, Altenau und Steinrenne im Harz legte man allerdings um diese Zeit die zwei Formen nebeneinander und zwar so, dafs die Mittellinie jeder Form 6 Zoll von dem Mittelpunkte des Gestelles und 8 bis 9 Zoll vom Rücken- und Wallsteine ablagen. Hierdurch brachte man die Produktion zu Altenau von 250 auf 310 Ctr. und zu Lerbach von 160 auf 200 Ctr. in der Woche. Dagegen hatte O'Reilly schon im Jahre 1802 die Anlage von drei Formen bei dem Umbau eines Hochofens zu Prenilly im Departement de l'Indre empfohlen[1]); über die Ausführung liegen bestimmte Nachrichten nicht vor.

1805 wurde der 35 Fufs hohe Hochofen von Treybach mit drei Formen zugestellt. Die Produktion stieg dadurch von 128 Ctr. auf 160 Ctr. Sie sank sofort wieder auf die frühere Höhe, als man sich

Fig. 20.



gezwungen sah, die dritte Form während des Ganges wieder herauszureifsen.

Einen eigentümlichen Ofen (Fig. 20) erbaute James Birch zu Abernaut in der Gegend von Merthyr-Tydwill, den er sich am 6. April

[1]) Siehe O'Reilly, Annales des arts et manufactures. T. X, p. 122, Tab. VI.

Digitized by Google

1802 auch patentieren liefs. Dieser Ofen hatte zwei Formen auf einer Seite und zwei Abstichseiten. Es war gewissermafsen ein Doppelofen, mit der Rückseite verbunden [1]). Jede Seite hatte ihren Tümpel und Wallstein und dem entsprechend ihren Abstich und ihre Giefshalle [2]). Der Ofen sollte angeblich Brennmaterial ersparen und besseres Eisen liefern als die Öfen der Umgegend. Da aber diese eigentümliche Gattung mit diesem einzigen Exemplar ausstarb, so müssen die Vorzüge jedenfalls nicht so weit her gewesen sein. Die zwei Vorherde mufsten jedenfalls das Gestell sehr abkühlen.

Ein praktischer Fortschritt von grofser Wichtigkeit waren die Wasserformen. Nach O'Reilly waren solche doppelte oder hohle Düsen, durch welche ein starker Wasserfaden lief, um die Düsen vor der Glut zu schützen, im Anfange des Jahrhunderts zu Bradley im Gebrauch. Man blies bei den Kokshochöfen mit sehr starker Pressung. Nach O'Reilly betrug dieselbe 1801 bei dem Hochofen von Devon in Schottland 7 Zoll (21 mm) Quecksilber. Karsten giebt kupfernen Formen den Vorzug vor Thon- und Eisenformen.

Karsten hält sich gegenüber der Frage, ob die runde oder die viereckige Zustellung besser sei, völlig neutral. Er erklärt (§. 558) die Gestalt der Querschnitte der Hochofenschächte für gleichgültig, weil ein runder und ein viereckiger Schacht bei gleichem Flächeninhalt in jeder Höhe des Querschnittes „unbezweifelt ganz gleiche Dienste thun würden". Wie bekannt, hat die Praxis Karstens Ansicht nicht recht gegeben, wir erwähnen sie aber als charakteristisch für jene Zeit.

Karsten empfiehlt das Abdecken der Gicht um die Gichtöffnung mit eisernen Platten.

Bei dem Anwärmen und Anblasen der Kokshochöfen verfuhr man mit noch gröfserer Vorsicht als bei den Holzkohlenöfen. Das vor dem Gestell angefachte Steinkohlenfeuer näherte man nur sehr langsam dem Vorherd und brachte oft erst nach acht Tagen Feuer ins Gestell. Beim Abwärmen mufste man sehr oft, gewöhnlich alle sechs Stunden, Rost schlagen, um den Herd zu reinigen. Dies geschah in der Weise, dafs man ein Paar Brechstangen dicht unter dem Tümpel bis zum Rückstein vortrieb, sie auf einer vor dem Tümpel auf den beiden Vorderbacken lagernden Querstange ruhen liefs und durch angehängte Gewichte in dieser Lage erhielt, dann eine eiserne Platte

[1]) Siehe Annales des arts et manufactures, Nr. 72, p. 113 und von Molls Ephemeriden, IV, 437.

[2]) Siehe Annales des arts et manufactures, 28. Fevr. 1806.

Digitized by Google

über die Brechstangen vortrieb, welche das Untergestell vom Obergestell trennte und dadurch gestattete, dafs man das ganze Untergestell reinigte, ohne dafs die über der Platte liegenden Koks nachfielen. So oft das Reinigen des Gestelles geschehen sollte, wurde diese Vorrichtung angebracht und dann wieder weggenommen, worauf sich das Untergestell mit glühenden Koks anfüllte. Auch während des Betriebes war die Arbeit bei den Kokshochöfen wegen der schwer verbrennlichen Lösche und der steifen Schlacke viel beschwerlicher als bei den Holzkohlenöfen. Das Reinigen des Gestelles, in Schlesien das Ausarbeiten genannt, mufste viel öfter, in der Regel alle sechs Stunden, und viel gründlicher vorgenommen werden.

Das Aufgeben geschah bei den Koksöfen damals bereits in der Weise, dafs man Brennmaterial und Beschickung in eisernen Karren mit beweglicher Bodenklappe auf eisernen Schienen über die Gicht fuhr und entleerte. Karsten empfiehlt sehr, auch das Brennmaterial zu wiegen, statt zu messen, was bis dahin noch nirgend geschah. Gichtaufzüge mit Maschineneinrichtung waren bereits auf einzelnen Hütten in Anwendung.

Auf mehreren russischen Hochöfen, besonders auf den uralischen Eisenhütten, bediente man sich der Gichtflamme zum Rösten der Eisensteine, indem die Kappe über der Gicht mit einem oder mit mehreren horizontalen, oder etwas schräg liegenden Zügen in Verbindung gesetzt wurde, welche an dem anderen Ende mit einer senkrechten Esse versehen waren, so dafs die Flamme durch den Zug nach der Esse streichen mufste und ungeachtet ihres langen Weges oft noch aus der Esse herausflammte[1]). Berthier hatte ähnliche Vorschläge zur Benutzung der Flamme aus den Hochöfen und Frischfeuern gemacht[2]) (vergl. S. 61).

Man gab den Kohlengichten eine gewisse gleichbleibende Gröfse und setzte bei dem Erzsatz nach Bedürfnis ab und zu. Die Gröfse der Kohlengichten richtete sich nach der Weite des Ofens. Dieselbe mufste so grofs sein, dafs sie im Kohlensack noch eine zusammenhängende Schicht bildete, welche im stande war, die Beschickung zu tragen.

In Schlesien wendete man bei 30 bis 40 Fufs hohen, 5 bis 8 Fufs im Kohlensack weiten Hochöfen Kohlengichten von 28 bis 30 rhein. Kbffs. an. In Schweden und Norwegen wurden gewöhnlich 50 Kbffs.

---

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 552.

[2]) Siehe Journal des mines, Nr. 210, p. 375

Digitized by Google

(1,55 m³) bei 30 fülsigen (9,42 m) Öfen genommen und in Rulsland waren Kohlengichten von 80 Kbfls. (2,09 m³) bei einer Höhe von 40 Fuls (12,55 m) und einer Weite im Kohlensack von 8 Fuls (2,51 m) nicht ungewöhnlich. Auf der gräflich Rothenhanschen Hütte zu Delzsch in Böhmen wendete man mit Erfolg ein Gemenge von Holzkohlen und kurzgeschnittenem Tannen- und Fichten-Scheitholz an, im Verhältnis von 1 zu 3[1]). Viele Metallurgen hatten in der Verkleinerung der Gichten eine grolse Kohlenersparung finden wollen, eine solche ist aber nach Karsten nur bei kleinen Öfen vorteilhaft. Koksgichten konnte man wegen der gröfseren Dichtigkeit des Brennmaterials kleiner machen. In Schlesien wendete man bei 40 Fuls hohen und 11 bis 12 Fuls im Kohlensack weiten Schächten Koksgichten von nur 12 Kbfls. an, so dals die Koks kaum 2 Zoll hoch im Kohlensack lagen. Doch bewirkten diese kleinen Gichten auch oft Störungen, weshalb man gröfsere Gichten von 24 bis 36 Kbfs. vorzog. Ein Unterschied im Koksverbrauch war dabei nicht wahrzunehmen. Über den Koksverbrauch in England hat Mushet Angaben gemacht. Er teilt die englischen Steinkohlen in drei Sorten ein:

1. solche, die 62 Proz. Koks mit 2,7 Proz. Asche geben,
2. Backkohlen, welche 50 Proz. Koks mit 4,2 Proz. Asche geben,
3. leichte Kohlen, welche 38 Proz. Koks mit 3,3 Proz. Asche geben.

Auf 1000 Tle. Roheisen werden verbraucht von 1. 2056 Tle., von 2. 2442 Tle. und von 3. 2953 Tle. Der mittlere Koksverbrauch in England betrug demnach etwa 250 Proz., entsprechend 533 Tln. Steinkohlen und einem Gehalt von Kohlenstoff von 231 Tln.

Zu Creusot verbrauchte man auf 100 Tle. Roheisen 300 Tle. Koks, entsprechend 600 Tln. Steinkohlen; zu Gleiwitz 243 Tle. Koks, entsprechend 500 Tln. Steinkohlen.

Die nebenstehende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der Gröfse und Erzeugung bekannter Kokshochöfen im Anfang des 19. Jahrhunderts.

Bei Kokshochöfen für Giefsereien konnte man wegen des starken Druckes auf den Vorherd das Eisen nicht mit Kellen ausschöpfen, wie bei den kleinen Holzkohlenöfen; man mulste es abstechen. Auch durfte man das Eisen nicht höher halten, als bis der Herd etwa ¾ voll war.

Für die richtige Kontrolle des Hochofenbetriebes mulste eine Schmelztabelle aus den Hüttentafeln zusammengestellt und regelmäfsig

---

[1]) Siehe Lampadius, Hüttenkunde, Bd. II, 4, S. 223

Digitized by Google

Kokshochöfen.

Hütte	Höhe m	Sonstige Maſse m	Wind pro min. cbm	Koks pro 100	Ausbringen Proz.	Produktion in 24 Std. kg
Creuzot (Frankreich)	11,61	—	37,60	230	20	2500
Gleiwitz (Schlesien)	11,61 bis 11,93	—	30,92	240	30	2100
Shropshire (England)	12,55 bis 15,69	Kohlensack 3,77 m weit	37,10	350	33	5000 bis 6000
Glamorganshire	15,69 bis 20,40	Kohlensack 4,30 m weit, Gestell 1,88 bis 2,20 m hoch	37,10 bis 43,28	260	38	5650 bis 7045
Walkers E.-W. Sheffield	14,57	Gicht 1,26 m weit	—	—	—	6000
Dowson E.-W.	11,93	Gestell 1,88 m hoch	—	—	—	5000
Winley E.-W.	13,80		—	—	—	
Low-Moor	15,69		92,75	—	—	5500
Clyde E.-W. (Schottland)	9,73	Gestell 1,88 m hoch	—	350	33	2500

geführt werden, welche nach Karsten folgende Kolumnen enthalten sollte:

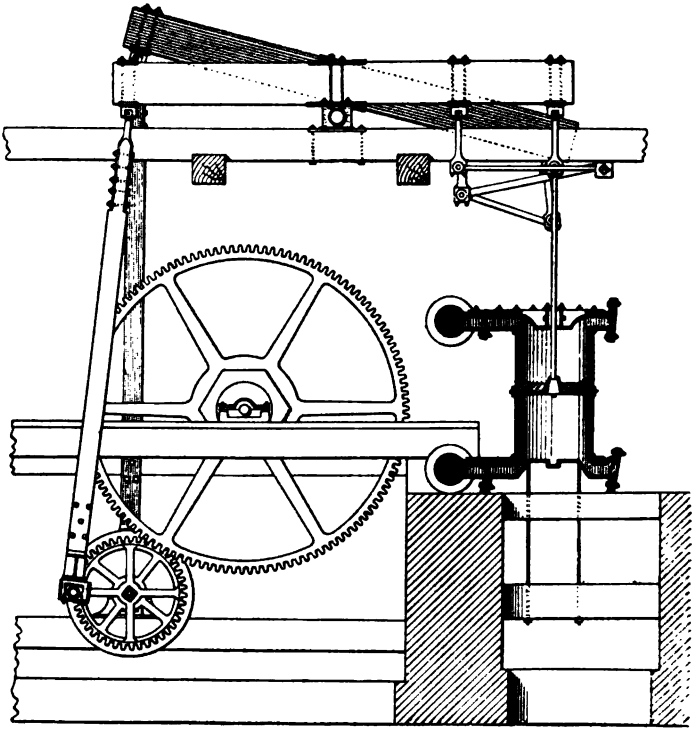
1. Die laufende Nummer der Blasewoche mit dem täglichen Materialverbrauch.
2. Die Anzahl der Gichten an jedem Tage.
3. Das Gewicht und das Maſs der verschiedenen, täglich verschmolzenen Erze, um daraus die Beschickung ersehen zu können.
4. Das Gewicht und das Maſs des verbrauchten Zuschlages für jeden Tag.
5. Das tägliche Kohlenverbrauchsquantum.
6. Die Gröſse des Ausbringens oder der Roheisenerzeugung.
7. Die Pressung des Windes.
8. Die Anzahl der Wechsel des Gebläses.
9. Allgemeine Bemerkungen über die Beschaffenheit der Kohlen, der Erze, des Thermometerstandes und über die Vorfälle beim Hochofenbetrieb.

Digitized by Google

Eisengiefserei 1801 bis 1815.

Die Eisengiefserei machte grofse Fortschritte in dieser napoleonischen Zeit. Der Bedarf an Gufsartikeln steigerte sich von Jahr zu Jahr und er wuchs aufserordentlich durch die grofsen Bedürfnisse des Krieges. England war auch hierin Führer und Vorbild. Dort war

Fig. 21.



der Bedarf durch die Entwickelung des Maschinenwesens, die Benutzung des Eisens für Bauzwecke, für Brückenbau, Eisenbahnen u. s. w. weit mehr gestiegen, wie auf dem Kontinent, und die gesteigerten Anforderungen, die namentlich der Maschinenbau stellte, führten zu neuen Verbesserungen. Karsten schreibt 1816, den Engländern verdanke man alle bedeutenden Fortschritte, welche in den letzten 50 Jahren gemacht worden seien. In Deutschland erkannte man dies rückhaltslos an, und Preufsen hatte in Gleiwitz auf Graf Redens Veranlassung eine Eisengiefserei ganz nach englischem Muster mit Koksbetrieb gegründet. Ebenso wurden zu Malapane und Creuzburg die neuen

Digitized by Google

Verbesserungen eingeführt. Die wichtigste derselben war die Einführung der kleineren Schacht- oder Kupolöfen, die in England so bescheiden an das Licht getreten waren, sich aber in kurzer Zeit überall hin verbreiteten. Sie vereinigten in sich die gröfsten Vorzüge, sie waren billig in der Anlage, billig im Betrieb und machten die Giefserei von dem Hochofen unabhängig. Vor den Flammöfen hatten sie nicht nur die beiden erstgenannten Vorzüge voraus, sondern auch den, dafs man kleine Mengen und zu jeder Tageszeit schmelzen konnte. Ein Flammofen war immer ein unbehülfliches Werkzeug. Er verlangte grofsen Einsatz auf einmal und war für kleine Gufsstücke wenig geeignet. So wurde es durch die Kupolöfen erst praktisch durchführbar, grofse Giefsereien selbständig und unabhängig von den Hochofenhütten an den Plätzen des Absatzes, in grofsen Städten, anzulegen. Das erste grofse Unternehmen dieser Art in Deutschland wurde ebenfalls durch den verdienstvollen Grafen von Reden ins Leben gerufen. Es war die königliche Giefserei

Fig. 22.

Fig. 23.

in Berlin, welche 1804 gegründet wurde. Eine alte Mühle an der Panke, welche schon 1702 zur Zeit Friedrichs I. als Schleif- und Poliermühle eingerichtet, dann aber in eine Tabaksmühle mit Streck-

Digitized by Google

werk für Tabaksblei umgewandelt worden war, wurde 1803 vom Staate angekauft und schon 1804 eine Eisengiefserei darin eröffnet. Im Jahre 1806 hatte dieselbe schon 2 Kupolöfen, 2 Flammöfen und 4 Tiegelöfen. Erstere wurden durch ein englisches eisernes Doppel-Cylindergebläse, Fig. 21 (S. 92) und Fig. 22 (a. v. S.) betrieben, welches durch das Wasser des Pankeflusses bewegt wurde. Man verschmolz schlesisches Roheisen und machte alle möglichen Arten von Gufswaren. 1806 bestand das Personal aus zwei Offizianten und 24 Arbeitern. Fig. 23 (a. v. S.) giebt ein Bild von der alten königlichen Giefserei, welche wegen ihrer malerischen Lage vor der Stadt mit Vorliebe von Malern als Gegenstand ihrer Studien gewählt wurde.

Fig. 24.

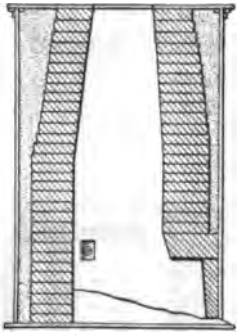


Fig. 25.

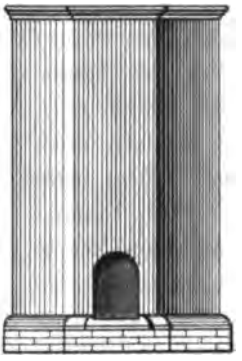


Fig. 26.

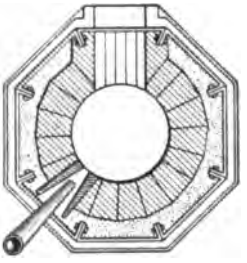
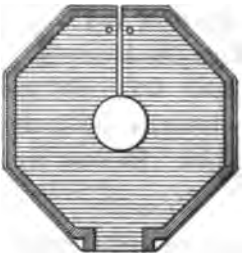


Fig. 27.



Gleiwitz in Schlesien war die hohe Schule gewesen, aus der die Berliner Giefserei hervorgegangen war. Über jenes, für die Geschichte der deutschen Eisenindustrie so wichtige Werk haben wir eine ausführliche Schilderung aus dem Jahre 1802 von dem französischen Metallurgen D'Aubuisson[1]). Die Hütte umfafste damals 1 Kokshochofen von 12,2 m Höhe, 2 Kupolöfen und 6 Flammöfen nebst einer Bohrwerkstätte mit 4 englischen Bohrbänken und lieferte 12000 bis 15000 Ctr. Gufswaren im Jahr, welche an Güte die aller anderen deutschen Werke übertrafen.

Die Kupolöfen (Figg. 24 bis 27) waren 5 Fufs (1,53 m) hoch und von einem gufseisernen Mantel von $3^1/_2$ Fufs (1,10 m) Durchmesser umgeben, welcher mit feuerfesten Ziegeln ausgekleidet war. Der innere Ofenraum bildete einen fast senkrechten Cylinder von 15 Zoll (0,38 m) Durchmesser bis zur Form, von da verengerte sich der Schacht

[1]) Siehe Journal des mines, Nr. 84, an 11 (1803), p. 455.

Digitized by Google

bis zur Gicht auf 12 Zoll (0,32 m) Durchmesser. Ein Ofen brauchte 400 Kbffs. (12,37 cbm) Wind in der Minute. Nachdem der Ofen gefüllt und durchgewärmt war, gab man Gichten von $^1/_2$ Ctr. Koks auf 1 Ctr. Gufseisen. Dieses bestand aus Trichter- und Brucheisen von dem eigenen Werk und aus dünn gegossenen Platten vom Hochofen. Das geschmolzene Metall war sehr dünnflüssig und liefs sich zu den feinsten Sachen ausgiefsen, z. B. zu sehr schönen Medaillen. Die Arbeit am Ofen begann um 9 Uhr, um 10 Uhr wurde er gefüllt und gewärmt, um 12 Uhr begann man mit Blasen, welches um 6 Uhr beendet war. In sechs bis sieben Stunden gofs man 30 Ctr.

Die Flammöfen (Figg. 28 u. 29) dienten für grofse Stücke. Vier davon standen in einem Raume und zwar so, dafs sie alle in eine

Fig. 28.

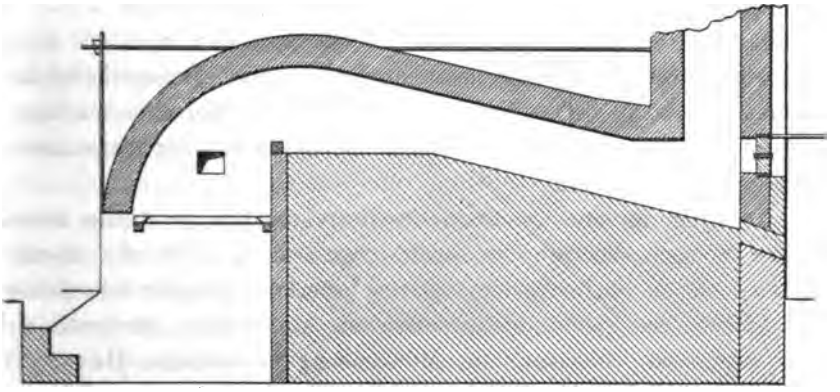
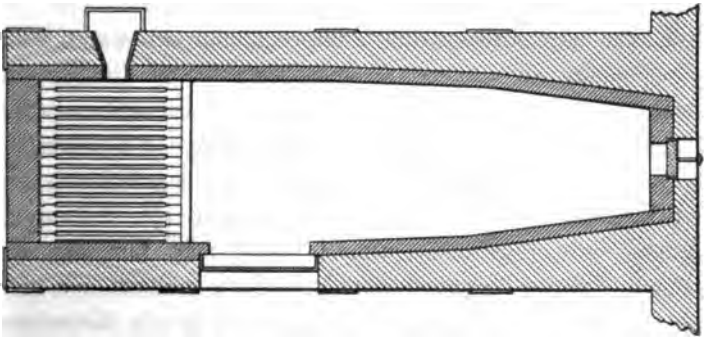


Fig. 29.



Dammgrube abgestochen werden konnten. Jeder konnte 50 Ctr. Gufseisen fassen. Sie waren 14 Fufs (4,39 m) lang, 4 Fufs (1,26 m) breit und 2 Fufs (0,63 m) hoch. In drei Stunden schmolzen sie an 40 Ctr.

Das Werk hatte seine eigenen Modelltischler, welche die Holzmodelle anfertigten. Man konnte die feinsten Sachen giefsen. Haupt-

Digitized by Google

sächlich machte man Öfen, Kessel, Gartenthore, Geländer und Ketten, welche man zum Schmuck an den Häusern anbrachte u. s. w. Auch war man damals gerade beschäftigt, mehrere Dampfmaschinen für Hüttenwerke der Umgegend zu giefsen. Ebenso sollen schwere Festungsgeschütze angefertigt worden sein. Neben dem feinsten Zierguſs goſs man schwere Kessel und Blasen für Destillateure u. s. w. Namentlich zeichnete sich aber die königl. Giefserei in Berlin durch ihren Guſs von Statuen und Monumenten aus. Berühmt war das in Eisen gegossene Monument der Königin Luise zu Gransen (1811) und das Denkmal des Feldmarschalls von Curbière zu Graudenz. Allbekannt ist das Denkmal Theodor Körners zu Wöbbelin.

Aber nicht der Kunstguſs, sondern der Guſs von Geschützen und Munition wurde die Hauptsache, als das Jahr des Befreiungskrieges, 1813, für Preuſsen heranbrach. Hätte der Staat damals nicht die groſsen vortrefflichen Giefsereien in Oberschlesien und in Berlin besessen, er wäre schwerlich imstande gewesen, seine kriegerische Ausrüstung so schnell zu vollenden. So aber hat Oberschlesien hauptsächlich das Eisen geliefert, welches Deutschland von der französischen Herrschaft befreit hat.

Noch ein anderes Denkmal des Befreiungskrieges wurde damals in der königl. Giefserei zu Berlin gegossen, nämlich die eisernen Kreuze, welche die Brust der tapferen Vaterlandskämpfer schmückten.

Auſser den genannten preuſsischen Giefsereien zeichnete sich besonders Lauchhammer bei Mückenberg in Sachsen, Horzowitz in Böhmen, die Königshütte und Mägdesprung im Harz, Wasseralfingen in Württemberg, die nassauischen Hütten und die Friedrichshütte bei Laubach durch ihre schönen Guſswaren aus.

Betrachten wir den technischen Zustand und die Fortschritte des Giefsereiwesens jener Zeit im allgemeinen, so ist zu konstatieren, daſs, wo man Holzkohlenbetrieb hatte, die meisten Guſswaren noch aus dem Hochofen gegossen wurden. Der Hochofenguſs hatte den Vorzug der Billigkeit; doch waren durchaus nicht alle Eisensorten dazu geeignet. Für feinere Guſswaren nahm man nur das graue gare Roheisen. Waren demnach viele Eisenhütten überhaupt nicht in der Lage, feinere Guſswaren zu erzeugen, wie z. B. alle diejenigen, welche Spateisensteine verschmolzen, so war man auch da, wo die Erze für Giefsereieisen geeignet waren, immer von dem Ofengang abhängig. Dieser war aber bei den kleinen Öfen und den schlechten Gebläsen häufigen Störungen unterworfen, infolgedessen Eisen erzeugt wurde, welches sich für gute Guſswaren nicht eignete. Dann muſsten die

Digitized by Google

Formen stehen bleiben und die Former und Kunden warten. Das Ausschöpfen des Eisens mit Kellen aus dem Vorherd, welches für kleine Gufsstücke sehr bequem war, liefs sich überhaupt nur bei kleinen Holzkohlenöfen mit schwachen Gebläsen ermöglichen. Bei gröfseren Öfen und starkem Gebläse war das Schöpfen nicht mehr gut ausführbar, bei Koksöfen gar nicht.

Verschiedene Gufswaren erfordern auch verschiedenes Eisen. Der Hochofen, der auf bestimmte Erze angewiesen, lieferte auch bei gutem Gang meist nur eine bestimmte Eisensorte, die für eine gewisse Klasse von Gufswaren geeignet war, für andere nicht. Anders verhielt es sich, wenn man das Eisen zum Vergiefsen umschmolz. Hierbei konnte man sich das Roheisen nach Bedürfnis aussuchen. Das war aber für einen fabrikmäfsigen Betrieb so wichtig, dafs Karsten bereits 1816 bestimmt sagte, einer gut eingerichteten Giefserei mufs in jedem Augenblicke jede Art von Roheisen, die zu der verlangten Gufsware erforderlich ist, zu Gebote stehen und dies kann nur durch das Umschmelzen des Roheisens geschehen, weil der Gang des Hochofens niemals gestört, sondern immer der Beschaffenheit des Erzes und des Brennmaterials gemäfs fortgesetzt werden mufs. Es hatte sich also bereits ein völliger Umschwung in der Auffassung des Giefsereibetriebes vollzogen, wenn auch die Praxis erst langsam diesem Ziele nachfolgte. Das Streben nach Verbesserung der Hochöfen ging nach Erhöhung derselben, dies stand aber im Widerspruch mit den Anforderungen der Hochofengiefserei. Namentlich war das Eisen der Kokshochöfen, welche man damals immer in völligem Gargang erhielt, zu gar oder „schaumig", d. h. durch starke Graphitausscheidung zu porös und zum Gufs dünner Gegenstände, wie leichte Platten, Geschirr und Luxusartikel, ungeeignet, während es umgeschmolzen einen dichten, grauen Gufs lieferte.

Das Umschmelzen des Roheisens zum Vergiefsen empfahl sich also 1., weil man dadurch jederzeit flüssiges Roheisen haben konnte, 2. weil man die Roheisensorten den Gufswaren entsprechend mischen konnte, 3. um grofse und schwere Gufsstücke, welche mehr Eisen erfordern als der Hochofen zu fassen imstande war, giefsen zu können und 4. um Giefsereien an jedem beliebigen Orte betreiben zu können. Am besten war es, einen Hochofen und eine Anlage zum Umschmelzen des Roheisens zu verbinden, wie dies in Gleiwitz geschehen war, indem die Frachtkosten den Gufs schwerer Stücke in entfernten Giefsereien doch zu sehr verteuerten.

Zum Umschmelzen hatte man drei Arten von Öfen: Tiegelöfen,

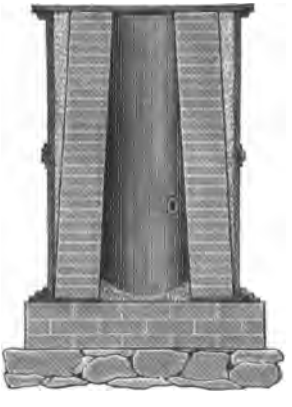
Digitized by Google

Schachtöfen und Flammöfen. Die Tiegelschmelzöfen waren einfache Windöfen, welche mit einer Esse verbunden waren und meistens einen, seltener mehrere Tiegel faſsten. Die Tiegel waren in der Berliner und anderen deutschen Gieſsereien entweder sogenannte hessische aus Groſsalmeroder Thon, oder Graphittiegel, sogenannte Ipser Tiegel, und faſsten 20 bis 30 Pfd. Eisen. Das beste Brennmaterial zur Schmelzung war Koks, doch brauchte man 10 bis 15 Kbfſs. (317 bis 476 Pfd.) für 100 Pfd. Roheisen. Schmolz man mit Holzkohlen, so betrug der Verbrauch sogar 80 bis 100 Kbfſs., oder sechs- bis siebenmal soviel als beim Ausschmelzen von 100 Pfd. Roheisen aus den Erzen.

Wegen diesem groſsen Kohlenverbrauch wendete man den Tiegelguſs nur für ganz feine Waren, wie kleine Maschinenteile und Quincailleriewaren (gegossene Knöpfe, Schnallen, Verzierungen, Medaillons u. s. w.) an.

Das Umschmelzen in Schachtöfen, den sogenannten Kupolöfen, hatten die Engländer vervollkommnet. Obgleich man Öfen bis zu 5 m erbaut hatte, so waren die gebräuchlichen Kupolöfen doch meistens kleiner und niedriger, wie heutzutage. Fig. 30 zeigt einen Kupolofen von Gleiwitz. Der Ofen stand auf einem gemauerten Fundament, auf welchem eine eiserne Bodenplatte mit aufsteigenden Rändern lag, welche die Seitenplatten oder den Cylinder festhielt. Diese wurden ebenso oben durch eine eiserne Deck- oder Kranzplatte zusammengehalten, s. Fig. 24 bis 27, S. 94. Die Gleiwitzer Öfen waren cylindrisch, an anderen Orten, z. B. zu Paris und Berlin, waren sie sechs- oder achteckig. Der Boden des Ofens wurde aus Thon und Quarzsand gestampft, mit Gefälle nach dem Abstich, der am tiefsten Punkte angebracht war. Man blies mit einer Form von Guſseisen, welche 0,39 bis 0,52 m, je nach der Stärke des Gebläses, über dem Boden lag. Die Brustöffnung des Gleiwitzer Kupolofens war 0,31 m breit und 0,39 m hoch und während des Schmelzens zugemauert. Höhe und Weite der Schächte richteten sich nach der Stärke des Gebläses und der Beschaffenheit des Brennmaterials. Ihre Gestalt war cylindrisch oder schwach zulaufend nach der Gicht. Holzkohlenöfen muſsten höher sein als Koksöfen, wegen der gröſseren

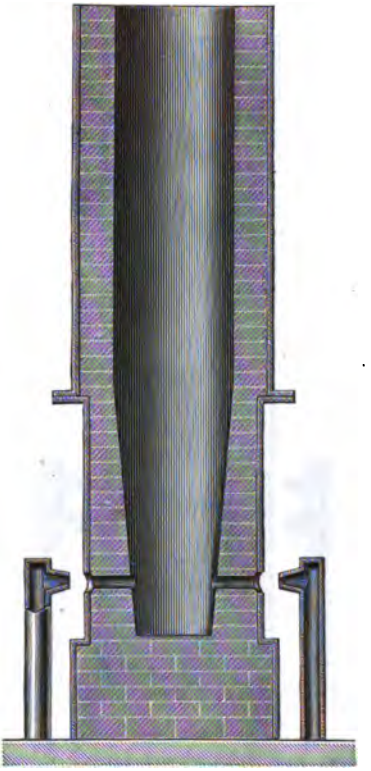
Fig. 30.



Digitized by Google

Leichtigkeit des Brennmaterials. Die Gleiwitzer, mit Koks betriebenen Kupolöfen waren 1,57 m und 1,88 m hoch. Bei den höheren Öfen konnte man das Eisen in gröberen Stücken aufgeben. Der Hauptgrund für die geringe Höhe war der, dafs man den Ofen von der Hüttensohle aus beschickte, indem höchstens ein Treppentritt zu dem Ofen führte. Das war aber bei Öfen, die höher als 2,04 m waren, nicht mehr thunlich. Für Holzkohlen mufsten die Kupolöfen mindestens 2,04 bis 2,20 m hoch sein, sonst gaben sie kein gut geschmolzenes Roheisen. Gewöhnlich machte man sie noch höher. Fig. 31 zeigt einen 4,08 m hohen Kupolofen für Holzkohlen von der Giefserei in St. Petersburg nach Karsten. Die Weite des Schachtes vor der Form pflegte 0,52 bis 0,57 m zu betragen. Karsten schlägt dagegen vor, den Ofen in der Formhöhe möglichst zusammenzuziehen, ihn zwischen Form und Gicht bauchförmig zu erweitern, so dafs er an der Gicht wieder nur 0,314 m Durchmesser hätte. Je leichter das Brennmaterial, je geringer mufs die Höhe bis zur Form sein, dadurch konnte der Ofen aber nur wenig Eisen fassen. Um recht viel Eisen unter der Form fassen zu können, ohne durch zu hohe Lage der Form eine zu starke Abkühlung befürchten zu müssen, hatte man bei einigen mit Holzkohlen betriebenen Kupolöfen die Einrichtung getroffen, zwei Formen in einer vertikalen Entfernung von 0,262 bis 0,314 m übereinander zu legen, wodurch man eine Formhöhe von 0,68 bis 0,73 m bei Holzkohlen erhielt und eine grofse Menge (bis zu 1 Tonne) von flüssigem Eisen zum Abgufs schwerer Sachen im Herde halten konnte. Die obere Form wurde erst geöffnet, wenn das flüssige Roheisen die Höhe der unteren Form erreicht hatte. Letztere wurde dann mit Thon verschlossen. Fig. 32 (a. f. S.) zeigt die Konstruktion eines solchen, mit übereinanderliegenden Formen versehenen Kupolofens, wie er auf der Bairdschen Eisengiefserei in Petersburg

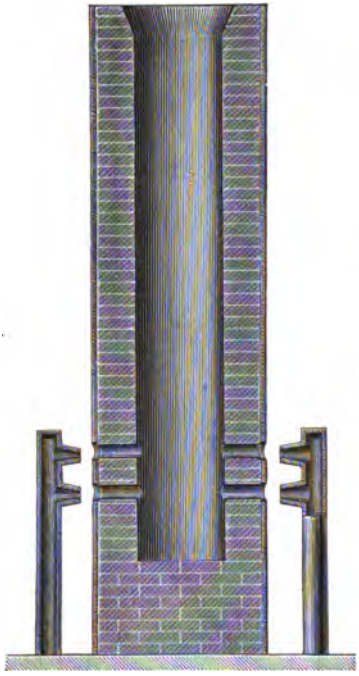
Fig. 31.



Digitized by Google

angewendet wurde. In England hatte man damals (1815) fünf und mehr Formen auf diese Art übereinandergelegt und gofs aus den Kupolöfen die gröfsten und schwersten Gufsstücke ab. Auch hatte man bereits Öfen mit zwei einander gegenüberliegenden Formen. Für Öfen von der oben angegebenen Gröfse bedurfte man 12,37 bis 15,46 m³ Wind in der Minute.

Fig. 32.



Auf einem Eisenhüttenwerke zu Wondollek in Preufsen, welches schlechte Wiesenerze verschmolz und Potterie und Munitionsgufs erzeugte, benutzte man im Jahre 1806 den Hochofen zum Umschmelzen des Roheisens. Es hatten sich dort solche Vorräte an Brucheisen angesammelt, dafs man sich hierzu veranlafst sah. Der 10,36 m hohe Hochofenschacht wurde bis auf 1,26 m im Kohlensack und 0,55 m in der Gicht verengt, es wurde ein 1,10 m hohes cylindrisches Gestell von 0,32 bis 0,37 m eingesetzt und eine flache Rast von 45 Grad angewendet. Bei dieser Zustellung wurden in 21 Wochen 4733 Ctr. Roheisen mit 533,22 m³ Holzkohlen umgeschmolzen. Der Kohlenaufwand für 100 Pfd. betrug 0,108 m³, der Eisenabgang 8 Proz.

Bei den Kupolöfen mufste man bei Holzkohlen mit der Füllung 0,248 m³ auf 100 kg umzuschmelzendes Roheisen rechnen. Dies entspricht 36 bis 40 kg Fichtenkohlen. — Bei Koks verbrauchte man auf 100 kg 0,099 m³ oder 50 kg. Nach angestellten Versuchen betrug der Unterschied im Verbrauch von Haufen- und Ofenkoks $^1/_7$ zu Gunsten letzterer.

Bei den beschriebenen kleinen Kupolöfen besorgte ein Schmelzer das Aufgeben der Gichten, das Reinigen der Form und das Abstechen. Kohlen und Koks wurden dem Mafs nach, Eisen dem Gewicht nach aufgegeben.

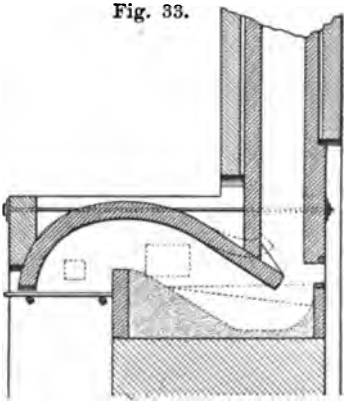
Wir haben schon oben gesehen, wie langsam damals das Einschmelzen vor sich ging. Ein Kupolofen schmolz in sechs bis sieben Stunden nur 30 Ctr. In grofsen Giefsereien mufste deshalb den ganzen

Digitized by Google

Tag geschmolzen werden. Da aber ein Kupolofen, der acht bis neun Stunden geschmolzen hatte, sich zu sehr mit zäher Schlacke verschmierte, so hatte man immer zwei Öfen im Betrieb, von denen der eine den Vormittag, der andere den Nachmittag ging. Ein Schachtfutter hielt 20 bis 25 Schmelzungen aus, konnte also drei bis vier Wochen gebraucht werden.

Auch bei den Giefsereiflammöfen verstärkte man das Mauerwerk durch eine Einfassung von gegossenen eisernen Platten, welche mit geschmiedeten Bolzen verankert wurden. Die Dimensionen des Rostes, des Schmelzherdes und der Esse mufsten in einem gewissen Verhältnis zu einander stehen; doch kam auch die Gröfse des Einsatzes hierbei in Betracht. Nach Karstens Angabe hatte man aber noch keine genügende Erfahrung, um dieses in Zahlen ausdrücken zu können. Den Rost legte man der freien Luft zu. Auch empfiehlt Karsten einen Wasserbehälter unter dem Rost zum Ablöschen der glühenden Cinders (Asche) und zur Verstärkung des Zuges. Die Roststäbe waren in der Regel gegossen und lagen $^1/_4$ bis $^7/_8$ Zoll voneinander. Dem Schmelzherd hatte man sehr verschiedene Gestalt gegeben. Jedenfalls mufste er eine Neigung nach dem Stichloch zu haben. Die englische Konstruktion (Fig. 33) mit stark geneigtem Herdboden und tiefem Sumpf bei der Fuchsbrücke war[1]) in allgemeiner Anwendung. Karsten empfiehlt, den Herd an der Feuerbrücke so weit zu machen wie den Rost (s. Fig. 29, S. 95), und ihn von da nach der Esse zu verengen, ihn ferner von der Brücke auf $^1/_4$ seiner Länge horizontal zu lassen, von da ab ihm eine Neigung von 20 bis 24 Grad nach dem Stich zu geben (s. Fig. 28, S. 95). Reiner Quarzsand hatte sich als die beste Masse für den Herdboden bewährt. Die Thüre zum Einsetzen oder Laden war von Eisen, inwendig mit Thon ausgeklebt, bewegte sich in eisernen Falzen und wurde durch einen Balancier mit Gegengewicht aufgezogen. Der Querschnitt des Ofens am höchsten Punkte des Gewölbes betrug höchstens $^3/_4$ der Fläche des Rostes. Gute Gewölbe hielten 50 bis 100 Schmelzungen aus. Das Verhältnis der Länge des Herdes zu seiner gröfsten

Fig. 33.



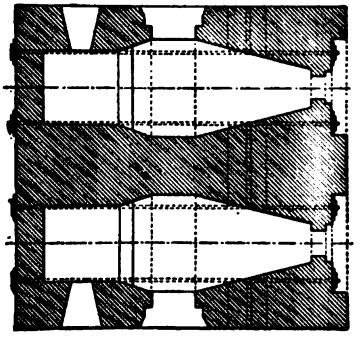
[1]) Siehe Beschreibung und Abbildung Annales des arts etc., XIV, 225.

Digitized by Google

Breite sollte bei Steinkohlenfeuerung höchstens 3 zu 1 betragen; bei den meisten Flammöfen in Oberschlesien war das Verhältnis 11 zu 4. — In England stellte man oft zwei Flammöfen in ein gemeinschaftliches Mauerwerk, wie Fig. 34 zeigt.

Das Flammofenschmelzen hatte den Nachteil, dafs das Roheisen dabei eine Veränderung seiner chemischen Verhältnisse erfuhr. Es wurde durch den Sauerstoff der Luft teilweise entkohlt. Erst erfolgte ein Braten der glühenden Eisenstücke und dann ein Frischen des flüssigen Metalls. Es bildeten sich mehr oder weniger grofse Mengen von Schaleneisen, und das Eisen wurde dickflüssiger. Diese Einwirkung der Luft wurde vermindert durch rasches Einschmelzen. Trotzdem war das Flammofeneisen nicht für alle Gufswaren geeignet, am besten war es für grofse Stücke, wie für Kanonen und für Walzen, wozu es in England verwendet wurde. Je nach der Gröfse des Ofens und der Güte der Steinkohlen wurden in zwei bis vier Stunden 15 bis 16 Ctr. Roheisen geschmolzen. Der Schmelzverlust betrug 10 bis 15 Proz. Der Steinkohlenverbrauch war dem Roheisengewicht annähernd gleich. Wie für die Kupolöfen die Koks, so waren für die Flammöfen die Steinkohlen das vorteilhafteste Brennmaterial. Es bedurfte grofser Holzmengen, um die erforderliche Hitze zu erzielen. In Rufsland betrug der Holzaufwand 160 kg trockenes Kiefernholz auf 100 kg Roheisen.

Fig. 34.



Die Schmelzkosten stellten sich entschieden bei den Kupolöfen am geringsten. Dagegen bedurften diese einen Motor für die Winderzeugung.

Von sonstigen Verbesserungen bei der Eisengiefserei in dieser Zeit ist die Einführung von Trockenkammern, welche ebenfalls zuerst in England in Anwendung kamen, zu nennen. Früher hatte man die Lehmformen und Lehmkerne im Freien getrocknet, was aber einen grofsen Kohlenaufwand erforderte. Auch waren Koks hierfür wenig geeignet, während sie in den Trockenkammern sehr gut brannten. Diese Trocken- oder Darrkammern wurden mit grofsen eisernen Thüren verschlossen. Das Hinein- und Herausbringen geschah auf eisernen Wagen, welche sich auf eisernen Schienen bewegten.

Zum Heben der schweren Lasten in der Giefserei dienten hölzerne oder eiserne Krane mit Flaschenzügen, von denen häufig mehrere

Digitized by Google

so aufgestellt wurden, dafs sie auf einen Punkt wirkten, was namentlich zum Einsenken der Formen in die Dammgruben und zum Herausziehen der gegossenen Stücke aus denselben nötig war.

Die Formerei teilt Karsten folgendermafsen ein:

I. Magere Sandformerei,
   1. Herdformerei: a) offene Herdformerei, b) Herdformerei mit eingesetzten Kernen, c) verdeckte Herdformerei;
   2. Kastenformerei: a) mit zwei Kasten, b) mit drei und mehr Kasten.

II. Fette Sandformerei oder Massenformerei.

III. Lehmformerei.

IV. Kunstformerei.

V. Schalenguſs.

Bei der Sandformerei bediente man sich in ausgedehntem Mafse der Kernkasten zum Pressen der Sandkerne.

Beim Guſs hohler Munition wendete man in Rufsland Sandkerne an, besser waren aber Lehmkerne, welche genau über einer Spindel abgedreht, dann gebrannt und in die hohle Kugelform von Sand vermittelst der eisernen Spindel, über welche sie abgedreht waren, hineingehängt wurden. Der Oberkasten war mit Bügeln versehen, in welche die aus dem Mundloch der hohlen Munition hervorragenden Spindeln genau hineinpafsten und mit Splinten befestigt waren, so dafs die Kerne ganz frei in der Form hingen.

Karsten empfiehlt das Anfeuchten des Formsandes mit einer Auflösung von Kochsalz, namentlich für Kerne, die dann bei einer die Siedehitze wenig übersteigenden Temperatur getrocknet, eine völlig harte Masse geben.

Die Massenformerei, d. h. die Herstellung der Formen in fettem Sand oder Lehm in Kasten mit nachherigem Trocknen in Trockenkammern wurde damals in ziemlichem Umfang angewendet, namentlich für eiserne Kanonen, für Stücke mit vielen Kernen, und für kleine Kunstguſswaren (Medaillen und Luxusartikel). Lehmformerei wendete man da an, wo man die Anschaffung eines Modells vermeiden wollte.

Beim Guſs von Bildwerken in Eisen[1]) verfuhr man wie beim Erzguſs, indem man das Modell in Gips und diese Gipsformen in

[1]) Siehe Martius, Zur Geschichte der Eisengiefserei im allgemeinen und insbesondere der Bildgiefserei in Eisen, in Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. IX, S. 491.

Digitized by Google

Wachs gofs. Diese Wachsabgüsse wurden auf einem Kern zusammengesetzt, die äufsere Form darüber geformt und das Wachs dann ausgeschmolzen. 1813 versuchte zuerst der Modellmeister Stilarsky in der königl. Giefserei zu Berlin, ein kleines freistehendes Bild in fettem Sande mit Kernstücken zu formen. Da dieser Versuch gelang, bildete er die Methode weiter aus und gofs bereits 1814 den $5^1/_2$ Fufs grofsen Körper des Erlösers zu einem grofsen Kruzifix in dieser Weise. Eine weitere Verbesserung bei dem Bildgufs in Eisen führte der Formermeister Röhl im Jahre 1816 dadurch ein, dafs er nicht mehr den Hauptkern aus freier Hand formte, was grofse Ungleichheiten der Eisenstärke zur Folge hatte, sondern dafs er weiche Lehmblätter von bestimmter Dicke in den fertigen Mantel einlegte und in dieser Eisenstärke den Hauptkern formte. Dann nahm man diese eingelegten Lehmblätter heraus und hatte alsdann eine bestimmte, gleichmäfsige Eisenstärke. Im Jahre 1816 nahm die Büstenformerei in Sand in der Berliner Giefserei ihren Anfang. 1820 gofs man bereits ganze Figuren in dieser Weise.

Über die grofse Mannigfaltigkeit der Gufswaren, welche die schlesischen Giefsereien Gleiwitz und Malapane um 1815 lieferten, verweisen wir auf das von Karsten (§ 857) mitgeteilte offizielle Verzeichnis. Unter den Artikeln, die anfingen in gröfseren Mengen verbraucht zu werden, nennen wir Dampf- und Wasserleitungsröhren, ferner Öfen. Von letzteren führt das Verzeichnis folgende Sorten auf: Kanonenöfen von $^3/_4$, 1, $1^1/_4$ und $1^1/_2$ Ctr. Gewicht; Kapellen-Öfen; runde Kochöfen; Pyramidenöfen mit dünnen verzierten Platten; Plattenöfen mit auf den Herd gegossenen Platten und mit in Kasten gegossenen feinen Verzierungen; Quadratöfen von allerlei Art mit Verzierungen zum inwendigen und auswendigen Heizen; ebensolche runde Öfen und Säulenöfen, glatt und kanneliert. Der Ofengufs spielte damals schon eine grofse Rolle.

Besonderen Ruhm erwarb sich um diese Zeit die gräflich Wrbnasche Giefserei zu Horzowitz durch ihren Kunstgufs. Sie lieferte namentlich schöne Rundöfen mit äufserst geschmackvollen Verzierungen. Dieselben wurden in dreiteiligen Kasten geformt über zerschnittene eiserne Modelle. Das Roheisen wurde von dem Hochofen nach den Formen in Rinnen geleitet und nicht mit Kellen geschöpft. 1819 erbaute man einen Kupolofen von 2,05 m Höhe und 0,418 m Durchmesser. 0,50 m über dem Boden lag die untere Form. Es lagen drei Formöffnungen übereinander. Die äufsere Gestalt des Ofens war sechseckig; er war mit eisernen Platten bekleidet,

Digitized by Google

welche durch drei Bänder von Schmiedeeisen zusammengehalten wurden. Der Schacht wurde um ein hölzernes Modell in Masse gestampft. Eine Gicht bestand aus 40 kg Roheisen, 10 bis 12 kg Koks und brauchte 14 Minuten zum Niedergang. Ein zweiter Kupolofen war rund, 2,10 m hoch, unten 0,523, oben 0,366 m im Durchmesser, mit offener Brust oder Vorherd, so dafs die Schlacke von selbst ablief. Dieser Ofen wurde mit Kiefernkohlen betrieben. Zu 0,037 m^3 Holzkohlen wurden 10 bis $12^1/_2$ kg Eisen aufgegeben. Die Kupolöfen wurden anfänglich nur benutzt, wenn der Hochofen kalt stand. Man ging aber mit der Absicht um, später alles Eisen im Kupolofen umzuschmelzen[1]). 1818 entstand die fürstlich von Fürstenbergische Eisengiefserei zu Joachimthal, welche sehr gut ausgestattet wurde und nur eiserne Kasten hatte. Damals galt Böhmen als die hohe Schule für Sandgufs. Sehr segensreich für die Verbesserung der Eisengiefserei wirkte auch das neugegründete polytechnische Institut in Prag unter Gerstners Leitung. In Bayern suchte die Regierung die Eisengiefserei zu fördern. Hierzu trugen auch die jährlichen Kunstausstellungen in München bei. Der Staat hatte sich den Hochofenbetrieb mit Giefserei vorbehalten. Bergrat Fuchs erwarb sich auf dem Hüttenwerk Obereichstädt durch Herstellung vortrefflicher emaillierter Gufswaren besonderes Verdienst.

Die gräflich Einsiedelsche Giefserei zu Lauchhammer bewahrte ihren alten Ruhm. 1804 lieferte sie 10729 Ctr. Gufswaren. 1805 starb Minister von Einsiedel und übernahm sein zweiter Sohn, der Finanzrat Graf Detlev von Einsiedel, das Werk, das er mit grofser Umsicht fortführte. 1807 wurde daselbst ein Temperofen erbaut. In der Sandformerei machte man immer neue Fortschritte und wurde im genannten Jahre das Inventar an eisernen und metallenen Modellen sehr vermehrt, um danach Abgüsse in Sand zu formen und Lehmformen zu ersparen. 1810 gelang es den Giefsermeistern Güthling und Waldau, Branntweinblasen bis zu 1600 Liter Inhalt in Sand zu giefsen. 1811 wurde das Formhaus mit neuen Kranen und Hebezeug versehen, eine überwölbte Trockenkammer gebaut und die eisernen Formkasten beträchtlich vermehrt. 1812 gofs man Schlackenziegel von 0,093 cbm Gröfse, auch Keil- und Gewölbsteine. 1813 wurde eine grofse Dammgrube mit eisernen Bodenstücken gebaut; in demselben Jahre wurde ein Flammofen errichtet. 1814 wurde eine Formlehm-Schlagmaschine nach den Angaben des Maschinendirektors Brendel gebaut.

---

[1]) Siehe Vollhann, Beiträge zur neueren Geschichte des Eisenhüttenwesens, 1825.

Digitized by Google

Um den Maschinenbau hatte sich Lauchhammer ebenfalls grofse Verdienste erworben. 1801 hatte es die ersten Schrotmühlen nach englischem Muster zum Verkauf gemacht. 1802 hatte Herr Ober-Bergrat Bückling eine grofse Dampfmaschine nach Watts System in Auftrag gegeben. Dieselbe sollte täglich 237600 Kbffs. Wasser 57 Fufs hoch heben, wozu täglich 6000 Stück Torfziegel gebraucht wurden. 1805 wurde die Maschine in Betrieb gesetzt und entsprach allen Anforderungen. Um 1815 konstruierte ein Engländer Whitefield für die gräflich Einsiedelsche Wollenfabrik zu Wolkenberg ein eisernes Wasserrad, welches zu Lauchhammer gegossen wurde. Es war 10,04 m hoch und 1,57 m breit und wog 525 Ctr. 1816 wurden Versuche mit einem 2,51 m hohen Kupolofen für Holzkohlenbetrieb gemacht, die sofort gelangen. Daraufhin wurde 1817 noch ein zweiter Kupolofen und ein eisernes Cylindergebläse erbaut. 1818 wurde durch den Mechanikus Rohrbeck, der zuvor schon eine grofse Drehbank angelegt hatte, eine Schraubenschneidemaschine konstruiert, um mittels einer und derselben Leitspindel Schrauben von 0,05 bis 0,31 m Stärke bis zu 4,08 m Länge mit ein- und mehrfachen breiten und scharfen Gewinden samt den Muttern dazu darauf schneiden und damit Pressen von jeder Gröfse herstellen zu können. 1818 stand Lauchhammer auf der Höhe seines Ruhmes. Seine Leistungsfähigkeit und die vorzügliche Sorgfalt in der Ausführung auch der schwierigsten Aufgaben sowohl seiner Gufswaren, mechanischer und Kunstgegenstände war allgemein anerkannt. Durch den Wiener Frieden 1815 war die Grenze mitten durch die Besitzungen des Hüttenwerkes gezogen worden. Lauchhammer fiel an Preufsen, während Gröditz bei Sachsen verblieb. Infolgedessen sah man sich gezwungen, an letzterem Orte eine zweite Giefserei mit zwei Kupolöfen und doppeltwirkendem Cylindergebläse zu bauen. Am 1. Mai 1819 wurde das Gröditzer Werk fertig und am 14. Mai erfolgte der erste Gufs. Da Preufsen durch seinen Zolltarif einen hohen Ausgangszoll auf Roheisen gelegt hatte, so mufste auch zu dem Gröditzer Werk eine besondere Hochofenanlage erbaut werden und zwar wegen Wassermangels mit einer Dampfmaschine zur Betreibung des Gebläses. Diese, sowie ein neues Eisenwalz- und Schmiedewerk wurden 1821 vollendet.

In Frankreich wurde der Eisenguſs in der napoleonischen Zeit vielfach zu Bauzwecken verwendet. In Paris entstanden die durch gufseiserne Säulen unterstützten Tragwerke, die sogenannten Pariser Roste, Kaufläden und Schaufenster mit gufseiserner Umrahmung, — gufseiserne Dächer, wie die der Halle aux Blés von 1811. Zur Förderung des Feingusses hatte die Gesellschaft zur Aufmunterung der Künste

Digitized by Google

und Handwerke zu Paris einen Preis von 6000 Franken ausgesetzt für denjenigen, welcher solche kleine Gufswaren, die man bisher nur aus geschmiedetem Eisen hergestellt hatte, anfertigte und davon für 10000 Franken zum Verkauf liefern würde[1]). Diese letzte unpraktische Klausel bewirkte, dafs der Preis überhaupt nicht zur Verteilung kam. Die berühmtesten Giefsereien waren damals die von Dubois zu Paris und die von Frèrejean und Abraham Müller zu Lyon.

Am grofsartigsten wurde die Eisengiefserei in England betrieben, doch sind leider die Nachrichten über die technischen Einrichtungen der dortigen Giefsereien aus jener Zeit sehr spärlich. Von Svedenstjerna erfahren wir nur, dafs auf den Hochofengiefsereien auch immer mehrere Flammöfen betrieben wurden. Die sehr kleinen Kupolöfen dienten meist nur zum Umschmelzen von Gufsbruch. Die bedeutenden Leistungen im Maschinenguís waren veranlafst durch die grofsen Fortschritte des Maschinenbaues in England. Zu Anfang des Jahrhunderts waren schon englische Dreschmaschinen auf dem Kontinent, z. B. in Schweden im Gebrauch. Fischer von Schaffhausen spricht mit Bewunderung von Watt und Boultons Eisengiefserei zu Soho, welche er 1814 besuchte. Vier Flammöfen verschafften flüssiges Eisen genug, um Güsse bis zur Schwere von 200 Centnern in einem Stück auszuführen. Diesen gegenüber waren die Trockenkammern und der Boden zwischen beiden ganz hohl, um die gröfsten Cylinder aufrecht zu formen und zu giefsen; der etwas eisenschüssige und viel Glimmer (mica) enthaltende Formsand wurde an Ort und Stelle gegraben; ganz Birmingham stand auf dem gleichen Sande. In der grofsen Giefserei zu Rotherham bei Sheffield waren 2 Hochöfen, 6 Reverberieröfen und 1 Handschmelzofen. Einer der Reverberieröfen war an der Seite des Ofens in so tiefer Lage angebaut, dafs er das flüssige Eisen des Hochofens direkt aufnahm und es im flüssigen Zustande erhielt. Es wurde mittels Kellen zu gröfserem oder kleinerem Bedarf daraus geschöpft. Die Kanonen wurden nach englischer Art in Sand in zusammengeschraubten Kasten (Flaschen) gegossen, wodurch an einem Tage soviel geleistet werden konnte, als durch die Lehmformerei in einem Monat. Die zusammengeschraubten Kasten bedurften keines Eindämmens noch des kostbaren Bindens mit eisernen Schienen, sondern wurden nur aufrecht in die ausgemauerte Dammgrube gestellt und von drei Seiten verspreizt, damit sie nicht umfielen. Eine eiserne, mit Sand ausgefüllte Rinne, die von dem Zusammenfluís der Kanäle beider

[1]) Siehe Hassenfratz, a. a. O., S. 253, Anmerk. 3.

Digitized by Google

Öfen bis zur Kanonenform hinging, führte derselben das flüssige Eisen zu; die von anhaftendem Sand geputzten Kanonen kamen direkt in die Bohrwerkstätte, wo ein einziger Arbeiter das Ausbohren von sechs Kanonen zugleich besorgte. Derselbe Arbeiter hob mittels der starken Krane die schwersten Stücke in und aus dem Lager und in und aus der Bohrwerkstätte. Durch diese verschiedenen Vorrichtungen ist es dahin gekommen, schreibt Fischer, dafs eine Arbeit, deren gutes Gelingen ehemals die besten Köpfe und die geschicktesten Hände erforderte, zu einem gemeinen Handlanger-Tagewerk herunter gebracht ist und die vorbereitenden Anstalten den Erfolg unzweifelhaft machen.

Robert Ransome von Jpswich erhielt 1803 ein Patent, gufseiserne Pflugscharen zu machen, welche nachträglich getempert wurden. Den richtigen Weg zur Herstellung von **schmiedbarem Gufs** hat Samuel Lucas in seinem Patent vom 30. Mai 1804 (Nr. 2767) gezeigt. Als Zweck des Verfahrens war darin angegeben „die Abscheidung der Unreinigkeiten aus dem Gufseisen ohne Schmelzung, wobei es hämmerbar würde wie Schmiede- oder Walzeisen. Gufswaren können auf gleiche Weise verbessert werden. Das Verfahren ist folgendes: Die Gufseisenstücke werden in einem Cementierofen oder einem ähnlichen Ofen zusammen mit Eisenerz, gewissen metallischen Oxyden, Kalk oder anderen Substanzen, welche dem Gufseisen den Kohlenstoff entziehen, geglüht. Hierdurch wird das Gufseisen ganz oder teilweise schmiedbar, je nach dem Grad und der Länge der Erhitzung. Man schichtet Erz und Eisen in abwechselnd Lagen mit dünnen Lagen von Sand dazwischen, um das Anhängen zu vermeiden. Gegossene Gegenstände lassen sich ebenso behandeln". Das Glühen sollte in cylindrischen Gufstöpfen geschehen und fünf bis sechs Tage dauern. Da sich der Ausführung mancherlei praktische Schwierigkeiten in den Weg stellten, blieb das Patent lange Zeit unbenutzt, bis ein Bruder des Patentnehmers, Thomas Lucas von Chesterfield, die Sache aufgriff und mit gutem Erfolg Schneidwaren anfertigte, welche eine so schöne Politur und gute Schneiden annahmen, wie der beste Gufsstahl[1]). Für diesen Zweck, für die Herstellung billiger Messerwaren, wurde die Fabrikation des schmiedbaren Gusses zuerst ausgebeutet und, um die Fälschung vollkommen zu machen, bezeichnete man das Material im Handel als Flufsstahl (run steel). Man verwendete dazu ein aus Cumberländer Roteisenstein mit Holzkohlen erblasenes Roh-

[1]) Essay on Edge Tools. Parkes' Chemical Essays 1815, p. 519. Percy, Iron and Steel, p. 805.

Digitized by Google

eisen. Direkt aus dem Hochofen geschöpft sollte es am besten sein. Die Gufswaren wurden aufrecht in kleine gufseiserne Kästen oder Cylinder gestellt und mit Roteisenstein oder öfter noch mit Hammerschlag und Hammerschlacke umgeben. Die Gefäfse kamen dann in backofenartige Kammern, in denen sie bei geschlossener Thüre durch Verbrennen von Kohle oder Koks eine bis zwei Wochen hindurch gelinde erhitzt wurden[1]). J. E. Fischer besuchte 1814 eine solche Fabrik in Birmingham, wo namentlich Lichtputzen, Steigbügel, alle Art von Kutschengeschirr u. s. w. angefertigt wurden. Das Gufseisen war so biegsam wie Kupfer und liefs sich dennoch schmieden und härten wie Stahl, weshalb man dasselbe, wiewohl unrichtig, auch Cast steel nannte. Von dem Verfahren bekam Fischer weiter nichts zu sehen, als das Schmelzen, welches in Tiegeln und in Öfen wie beim Gufsstahl geschah.

Kastner teilte 1823 zuerst eine wissenschaftliche Untersuchung des Prozesses mit[2]). Er fand, dafs

1. als Glühmittel kein Schwefel oder schwefelsaures Salz enthaltendes Eisenoxyd brauchbar sei;
2. der benutzte Roteisenstein wieder benutzt werden könne, nachdem er einige Zeit unter Besprengung mit Wasser und häufigem Umrühren an der Luft gelegen habe und durch Erhitzung wieder vom Wasser befreit sei;
3. dichter Roteisenstein und faseriger Brauneisenstein ebenso gut benutzt werden könnten, wie der gewöhnlich angewendete rote Glaskopf, wogegen Braunstein kein vollkommen weiches Eisen geben sollte. Auch Kastner war der Ansicht, dafs das Glühen zwischen Kalk oder blofsem Sande den gleichen Erfolg haben könne.

Auf dem Kontinent soll das Verfahren zuerst 1829 in Traisen bei Lilienfeld in Österreich angewendet worden sein.

G. A. Eckhard nahm 1809 ein Patent (Nr. 3197) auf Erzeugung dichteren Gusses, dadurch, dafs man die Formen während dem Giefsen in eine rasche Drehbewegung versetzte, wodurch der flüssige Gufs durch die Centrifugalkraft gegen die Wände der hohlen Formen gepreſst wurde. Er will nach diesem Verfahren Stäbe in der Weise erzeugen, dafs er das flüssige Metall in eine cylindrische Form mit vertieften

---

[1]) Siehe London Journal, Vol. XII, 1826, p. 275. Wedding, Eisenhüttenkunde III, 466.

[2]) Neues Kunst- und Gewerbeblatt, 1823, 9. Jahrg., S. 124.

Digitized by Google

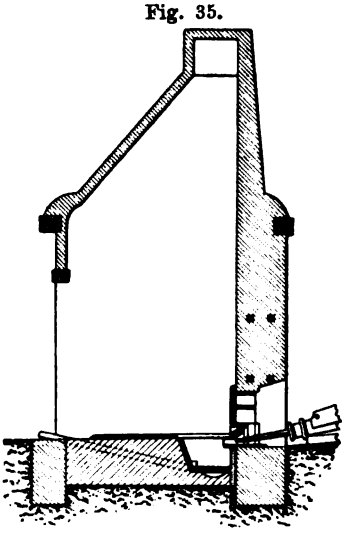
Längsrippen gießt, welche sich rasch um eine horizontale Achse dreht. Dieses Patent ist von geschichtlicher Bedeutung.

Lecour in Paris wendete 1812 beim Kunstguß statt des Wachses eine leichtflüssige Metalllegierung, D'Arcets Metall, zur Herstellung von Modellen an.

Stabeisenbereitung
von 1801 bis 1815.

Die Fortschritte der Stabeisenfabrikation vollzogen sich in dieser Periode fast ausschließlich in England und von diesen haben wir nur spärliche Nachrichten. Während man bei dem Hochofenbetrieb und der Eisengießerei die neuen, auf der Verwendung der Steinkohlen beruhenden Verfahrungsweisen wenigstens an einigen Orten des Kontinents eingeführt hatte, fand das neueste und wichtigste Verfahren der Engländer, das Steinkohlenfrischen oder der Puddelprozeß, keine Nachahmung. Die beiden Versuche zu Lauchhammer und zu Treybach, in Flammöfen mit Holzfeuer zu frischen, hatten keinen günstigen Erfolg gehabt. Das Herdfrischen war also das auf dem ganzen Kontinent allein gebräuchliche Verfahren. Große technische Verbesserungen ließen sich an den erprobten Frischmethoden nicht einführen und so bewegten sich die fortschrittlichen Bestrebungen mehr in der Richtung planmäßiger Ökonomie. Der Herdbau läßt keine wesentlichen Veränderungen gegen früher erkennen. Fig. 35 zeigt den Vertikalschnitt durch ein Frischfeuer der Mandelholzer Hütte im Harz aus jener Zeit (Villefosse). Allerdings verbesserte man infolge der Fortschritte des Maschinenwesens die Gebläsemaschinen. Man ließ die Bälge oder Kasten in Windsammler oder Regulatoren blasen und führte sie von da durch eine Form dem Frischherd zu. Das Blasen mit zwei Formen behielt man nur da bei, wo man sich noch der alten Lederbälge bediente. Auch suchte man einzelne Vorteile einer

Fig. 35.



Digitized by Google

Methode mit denen einer anderen zu verbinden oder durch Teilung zu verbessern. So ging z. B. in Deutschland hier und da das Streben dahin, das Frischen und das Ausschmieden in der Weise, wie bei den Wallonschmieden, zu trennen. J. E. Kohl hatte auf der Wilhelmshütte im Braunschweigischen den Versuch gemacht, die deutsche Frischmethode durch Anlegung eines besonderen Reckherdes zu vervollkommnen. Er will dabei ein entschieden günstiges Resultat erzielt haben, sowohl in Bezug auf Zeit-, wie auf Kohlenersparung. Die Versuche wurden auf der Karlshütte bei Delligsen wiederholt, fanden aber sonst keine Nachahmung. Karsten spricht sich für die Trennung nur unter der Voraussetzung, dafs das graue Roheisen durch eine vorbereitende Behandlung (Hartzerennen) erst in weifses Eisen verwandelt würde, aus. Das eigentliche Frischen würde dadurch sehr beschleunigt werden, allerdings so sehr, dafs ein einziger Heizherd nicht imstande wäre, einen Frischherd zu bedienen. Da aufserdem der Abbrand der Kolben im trockenen Herd zu grofs sein würde, so schlägt Karsten statt dessen einen gut konstruierten Glühofen und ein Walzwerk vor. Von dem deutschen Herdfrischen wäre dann freilich nicht mehr viel übrig geblieben.

Die Anwendung eines besonderen Reckherdes hätte aufser dem Vorteil der Beschleunigung des Prozesses auch den der Möglichkeit der Verwendung von Steinkohlen zum Ausheizen gehabt; hierauf legte man aber damals noch kein besonderes Gewicht. Dafs das Frischen selbst sich nicht mit Steinkohlen bewerkstelligen liefs, war eine Thatsache, die man in England längst gründlich ausprobiert hatte. In Frankreich machten Rozière und Houry im Jahre 1802 eingehende Versuche über das Verfrischen von Roheisen mit Steinkohlen im Herd [1]).

Die im ganzen negativen Ergebnisse dieser Versuche fafst Hassenfratz darin zusammen, dafs 1. alles mit Steinkohlen allein geschmolzene und gefrischte Eisen rotbrüchig sei; 2. dafs man nur bei einem Zusatz von $^1/_4$ bis $^1/_5$ reiner Steinkohle, wie die von Rive-de-Gier, noch ein ziemlich reines Eisen erhalte; dafs aber 3., wenn man schlechte Steinkohlen den Holzkohlen beimengte, das Eisen stets rotbrüchig würde, so gering auch das Verhältnis der angewendeten Steinkohlen wäre. Graf v. Reden liefs 1804 zu Malapane Versuche mit Steinkohlen anstellen, wobei er diese zum Vorwärmen des Roheisens, welches er glühend in den Frischherd einsetzte, benutzte.

[1]) Siehe Journal des mines, tome 17, p. 35 et 225.

Digitized by Google

Eine Ersparnis wurde dabei aber nicht erzie
Steinkohlen mifslangen gänzlich. Vorteilhaft
Steinkohlen zum Ausheizen der Schirbel zu ve
Rybniker Hütte umgebaut wurde, machte ma
Hierbei stellte sich ein grofser Vorteil durc
Roheisens bis zur Rotglut heraus, indem sow
die Produktion erhöht wurde. Ferner erwie
von granuliertem und dadurch weifs geworde
vorher in einem Flammofen umgeschmolzen w

Karsten empfiehlt das Braten des Sch
kohlen, da wo solche billig zu erhalten seien
einem Flammofen mit weiter Fuchsöffnung g
unmittelbare praktische Folge hatten diese Ve

Während man in den Staaten des Kon
frischen mit Holzkohlen unverändert festhielt,
das Flammofenfrischen mit Steinkohlen i
stand dadurch eine Massenfabrikation von Schi
früher keine Ahnung hatte. Hierdurch erlangt
Vorsprung vor allen übrigen eisenerzeugenden
Svedenstjerna und Bonnard die Eisenwerke
(1802), wurde von den vier grofsen Eisenwer
Cyfartha, Pennydarran, Dowlais und Plymouth
Stab-, Band-, Bolzeneisen und Blech bereitet
lich die von Pennydarran und Cyfartha, waren
stein und Kohle aus den Gruben direkt auf d
gefahren werden konnte. Pennydarran bes
3 Feineisenfeuer, 25 Puddel- und 8 Schweifs
Dampfmaschinen, von denen einige 70 bis
Das Werk hatte mit den Grubenarbeitern
damals für eine erstaunliche Anlage. Die
Besitzer Homphray zum Transport dem Cardi
hatte, war 7 engl. Meilen lang. Der Kanal s
Meilen lang und hatte auf dieser Strecke 5
hammer wog an 10 Tonnen. Das riesige ei
fartha wog über 100 Tonnen.

John Wilkinsons grofses Eisenwerk zu
war gleichfalls sehr ausgedehnt. Dort wurden
Bleche, Bandeisen, Stabeisen und Nageleisen i
1814 beschäftigte es 5000 männliche Arbeite
einen englischen Puddelofen zu Anfang

Digitized by Google

Villefosse) in senkrechtem und ebenem Schnitt. Den trefflichen Bericht von Bonnard über den englischen Puddelprozefs zu jener Zeit haben wir im Auszug früher schon mitgeteilt. Karsten hatte zwar, als er die erste Auflage seines Werkes veröffentlichte (1816),

Fig. 36.

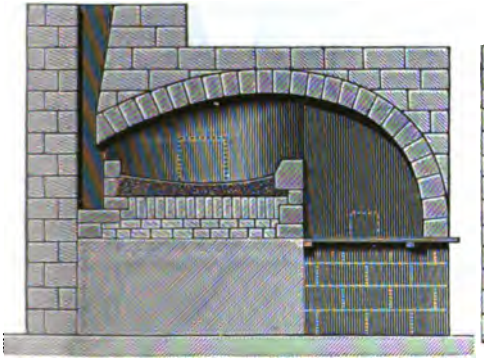
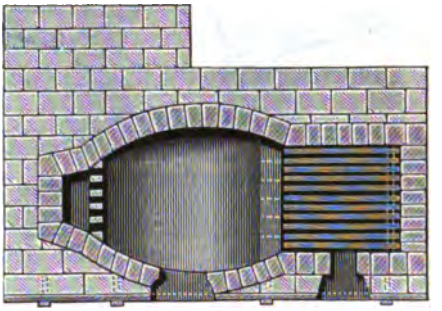


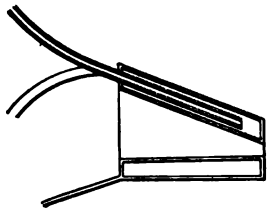
Fig. 37.



noch keine praktische Erfahrung im Puddelbetrieb, trotzdem ist seine Schilderung desselben mit grofser Umsicht abgefafst, weshalb wir das Wichtigste daraus kurz mitteilen wollen.

Das Reinigen des grauen Roheisens durch Umschmelzen in Feineisenfeuern als Vorbereitung für den Puddelprozefs war bereits allgemein in Anwendung. Das Einschmelzen geschah in tiefen und weiten Herden mit viel Wind, welcher meist von zwei Formen geliefert wurde; dieselben hatten nur etwa 5 Grad Stechen. Damit die eisernen Formen bei dem schwachen Winde nicht wegschmolzen, wurden sie mit einem hohlen gegossenen Mantel umgeben, durch welchen beständig Wasser flofs. Es war dies die erste regelmäfsige Verwendung von Wasserformen (Fig. 38). O'Reilly sah solche 1802 zu Bradley [1]). Man gab den Feinherden, welche im allgemeinen gröfser und tiefer waren als die gewöhnlichen Frischherde, verschiedene Form. Die von Vanderbroeck, Hütteninspektor zu Kaiserslautern, abgebildeten (Fig. 38 bis 44, a. f. S.) hatte man aus feuerbeständigen Thonmassen zusammengesetzt und denselben die Gestalt eines kleinen Ofens gegeben, indem man das Feuer über der Form zusammenzog und eine Art von Gichtöffnung bildete, durch welche Koks und Eisen aufgegeben wurden. Hier

Fig. 38.



[1]) Annales des arts et manufact. XXIII, 147.
[2]) Hassenfratz, a. a. O., III, 92, Pl. 42.

Digitized by Google

näherte sich also der Herd schon einem Schachtofen. Ob dies aber die allgemein gebräuchliche Konstruktion war, ist zweifelhaft. Vanderbroek erwähnt nichts von den Wasserformen, welche O'Reilly zu

Fig. 39.

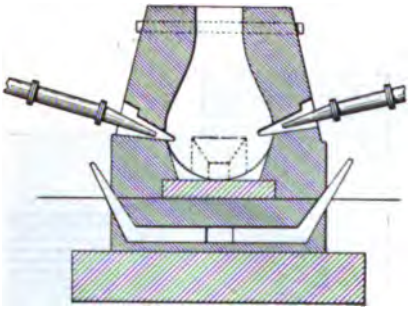


Fig. 40.

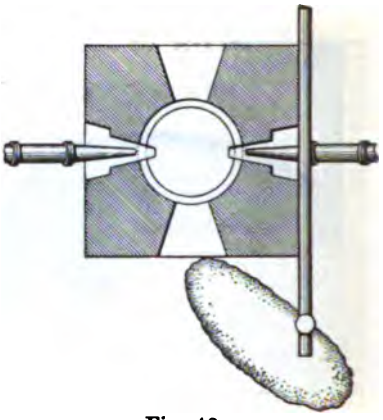


Fig. 41.

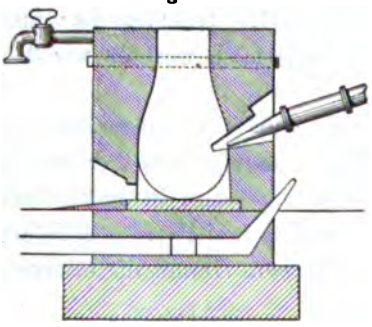


Fig. 42.

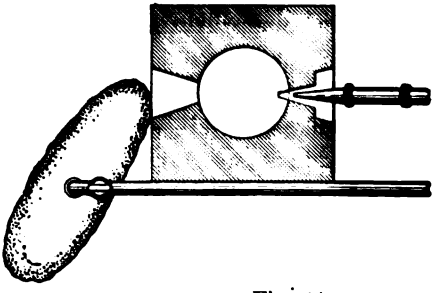


Fig. 43.

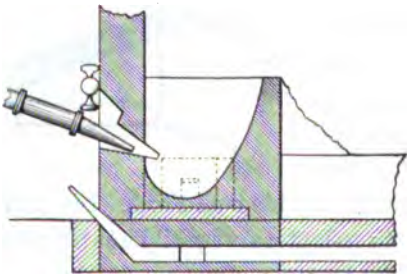
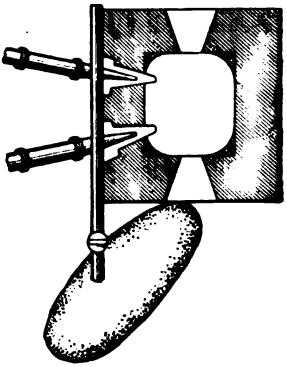


Fig. 44.



Bradley gesehen hatte, auch stimmt die Gestalt des Herdes durchaus nicht mit der bekannten Form der englischen Feineisenfeuer überein. S. B. Rogers, der die Erfindung der Feinfeuer Homphrey von Tredegar zuschreibt, bemerkt, dafs sie vor 1808 schon in allge-

Digitized by Google

meinem Gebrauch auf den Eisenhütten von Südwales gewesen seien; sie wurden mit Koks geheizt.

Ein Feineisenfeuer schmolz wöchentlich 250 bis 300 Ctr. Roheisen mit einem Abgang von 5 bis 10 Proz. und mit einem Kohlenaufwand von 4 bis 5 Kbffs. auf den Centner Roheisen. Man goſs das gefeinte Eisen meist in eiserne Formen von 4 bis 5 Zoll Breite und 1 bis 3 Zoll Höhe, die, um es vollständig weiſs zu bekommen, noch mit kaltem Wasser übergossen wurden. Gewöhnlich war schon eine Röhrenleitung mit Hähnen vorhanden, welche sich unmittelbar über den Formen öffnete.

Man hielt damals das graue Eisen zu dem Verfrischen in Flammöfen für nicht anwendbar, weil es zu lange Zeit zum Frischen erforderte, wodurch es zu viel Abgang erlitt. Daſs das gefeinte weiſse Eisen so leicht frischte, geschah nach Karstens Ansicht weniger, weil bei dem Vorbereitungsprozeſs schon ein groſser Teil Kohlenstoff verbrannt war, als weil der Kohlenstoff jetzt in dem gebundenen Zustande darin enthalten war.

Mushet schlug 1815 vor, das graue Roheisen in Schachtöfen mit Frisch-, Puddel- und Garschlacken zu schmelzen und es dadurch zu feinen. Er nannte seinen Ofen, für den er ein Patent (Nr. 3944) nahm, „smelting refinery“.

Der Frischflammofen (Puddelofen) hatte meist eine 24 Fuſs hohe Esse, welche mit einer Klappe (damper) an der Ausströmungsöffnung versehen war; sein Herd war horizontal, nur am Ende nach der Esse zu gab man ihm eine Neigung zum Abflieſsen der Schlacken. Die Feuerbrücke war etwa 4 Zoll hoch. Das Verhältnis der Rostfläche zur Herdfläche war etwas geringer wie bei den Guſsflammöfen, weil viel weniger Eisen auf einmal eingeschmolzen wurde, auch war der Herd etwas kürzer. Die Arbeitsthüre befand sich an der langen Seite in der Mitte des Herdes; eine Thüre an der Schmalseite, dem Fuchs gegenüber, diente bei den Puddelöfen zu Südwales zur Abkühlung des Ofens.

Nach O'Reilly waren die englischen Puddelöfen 7 Fuſs (2,13 m) lang, in der Mitte des Herdes 3 Fuſs (0,91 m), am Fuchs 2 Fuſs (0,61 m) breit [1]).

Der Herd des Ofens bestand zu jener Zeit noch ausschlieſslich aus fettem feuerbeständigem Sand, der in der stärksten Schmelzhitze nur zu einer breiigen Masse zusammensinterte. Seit 1816 gab man

[1]) Siehe Annales des arts et manufactures 1806, T. XXIII, p. 226.

Digitized by Google

dem Herd schon eine Unterlage von eisernen Platten, die man jederzeit auswechseln konnte, was um so bequemer war, weil man den Herd alle Woche erneuern mufste. Bei jedem Puddelofen waren zwei Arbeiter. Gut gefeintes Roheisen schmolz schon dickflüssig ein; war das Eisen zu dünn, so schüttete man Wasser auf. Nach dem Einschmelzen fing der Arbeiter bei geschlossenen Kamindämpfer an, die dickbreiige Masse umzurühren, wobei das Eisen, um es abzukühlen, öfter mit Wasser begossen wurde. Nach diesem ersten Rühren bekam das Eisen eine neue Hitze, wobei der Dämpfer sechs bis acht Minuten geöffnet blieb; dann begann das Rühren von neuem und wurde oft zehn bis zwölf Minuten fortgesetzt, wobei die dicke Masse unter Bildung von Schlacken kochte. Da sich das Eisen hierbei abkühlte, so mufste es eine neue Hitze bekommen. Bei dem dritten Rühren erfolgte die Gare und das Luppenmachen, worauf nochmals scharfes Feuer gegeben wurde. Nach sechs bis acht Minuten schlofs man die Esse, öffnete die Einsatzthüre und nahm eine Luppe nach der anderen heraus. Es geschah dies nicht mit Zangen, sondern mit einem Stab, dessen glühendes Ende man in die Luppe drückte und festschweifste. Gewöhnlich machte man vier bis sieben Luppen von 30 bis 40 Pfd. Gewicht. Das Feineisen bildete nur wenig Schlacken, man nannte diesen Prozefs deshalb Trockenpuddeln. Der ganze Vorgang pflegte zwei Stunden zu dauern. Die unter Hämmern oder Walzen ausgestreckten Luppen kamen in die Schweifsöfen.

Die Stirnhämmer waren damals bereits an vielen Orten abgeschafft, weil die Arbeit damit zu langsam ging. Man brachte die Luppen direkt unter grofse Walzen. Hierbei wurden sie nach Fischers Beschreibung nur zu halbzolldicken Platten ausgewalzt, welche man sogleich in Wasser abkühlte und in Stücke zerschlug, die in einem Schweifsofen zusammengeschweifst und ausgewalzt wurden. Die Schweifsöfen hatten einen viel längeren Herd als die Puddelöfen und das Verhältnis des Fuchses zu der Rostfläche war weit geringer als bei diesen, um die Flamme durch die enge Schlotöffnung mehr zusammenzuhalten. Das Gewölbe war möglichst flach und die Einsatzthür niedrig. Die Kolben erhielten nur eine Schweifshitze, bei der sie fertig ausgewalzt wurden. Da sie aber oft verzogen aus den Walzen kamen, so erhielten sie noch in einem langen niedrigen Ofen eine Glühhitze und wurden unter einem Stirnhammer gerichtet und die rohen Enden abgeschnitten.

Zu Cyfartha hatte man einen 14 Fufs langen Wärmeofen mit flachem Gewölbe, unmittelbar neben dem Hammer. In diesem Ofen wurden die ausgewalzten Stäbe, die meist etwas verdreht aus den

Digitized by Google

Walzen kamen, zur Kirschrotglut erwärmt und unter dem Hammer gestreckt und ausgeschmiedet. Die Arbeit wurde durch eine Führung, mittels der die Arbeiter die Stäbe zu dem Hammer brachten, unterstützt. Hierdurch ging die Arbeit sehr rasch. Das Überschmieden sollte die Qualität verbessern und das Walzeisen dem ausländischen Schmiedeeisen im Äufseren ähnlich machen.

Gutes Feineisen erlitt 25 Proz. Abgang, oder das Roheisen einschliefslich des Feinens 33 bis 36 Proz. Auf einen Centner Stabeisen kam ein Koksverbrauch von 6 Kbffs. beim Feinen, von 16 Kbffs. Steinkohlen beim Puddeln und von 1 Kbffs. beim Ausheizen. Dieser grofse Kohlenverbrauch mufste allerdings vor der Einführung des Puddelprozesses in Gegenden, wo Steinkohlen nicht sehr billig zu haben waren, abschrecken, ganz abgesehen von den sehr hohen Anlagekosten.

Der Feinprozefs verteuerte das Flammofenfrischen wesentlich. Es tauchten deshalb verschiedene Erfindungen auf, die den Zweck hatten, denselben entweder überflüssig zu machen oder zu verbilligen. In ersterer Richtung bewegten sich die Vorschläge, durch chemische Zusätze das Roheisen im Puddelofen zu reinigen. Ein solcher wurde 1802 Joseph Hartley patentiert, der Eisenerze und Roheisen bei der Behandlung in Feineisenfeuern, Rennfeuern oder Puddelöfen reinigen wollte durch Zusatz von Salz, Rückständen der Salzpfannen, Salmiak, Alaun, Glasgalle, Salpeter, Weinstein, vegetabilischen, mineralischen und animalischen Salzen mit oder ohne Zusatz von absorbierenden Stoffen, wie Kalk, Gips und Kreide, sowie verbrennlichen und phlogistischen Substanzen mineralischer und vegetabilischer Natur. Wie man sieht, eine recht reiche Auswahl von Reinigungsmitteln.

Mushets Patent vom 27. Juli 1815 ging dagegen darauf hinaus, das Roheisen in Öfen mit geschlossener Brust, ähnlich den steierischen Flofsöfen, unter Zusatz von Frisch-, Puddel-, Schweifs- und Hammerschlacke zu schmelzen. Der Ofen sollte 20 bis 30 Fufs Höhe, 6 bis 8 Fufs weiten Kohlensack und 2 bis 3 Fufs weite Gicht erhalten, der Herd sollte 5 bis 6 Fufs hoch und $2^1/_2$ bis 4 Fufs weit sein. Die Kohle sollte nicht, wie bei dem Feineisenfeuer, durch Wind verbrannt werden, sondern das Eisen in der Schlacke reduzieren, wobei doch Feinmetall erzeugt würde. Hierdurch würden die Kosten und Verluste der gewöhnlichen Feineisenfeuer vermieden. Der Ofen sollte am besten mit 300 bis 400 Pfd. Koks, Holzkohlen oder sonstigen Brennmaterialien, 600 Pfd. Gufseisen, 180 bis 240 Pfd. Schlacken und 40 bis

Digitized by Google

120 Pfd. gebranntem Kalk beschickt werden. Die Schlacken sollten im Ofen bleiben und mit dem Eisen abgestochen werden, dies bildet ein wichtiges Moment der „Erfindung". Wäre das Eisen noch nicht genügend entkohlt, so sollte man den Kohlensatz vermindern und den Schlackensatz erhöhen. Die Schlacke könnte zum Teil auch durch Eisenerz ersetzt werden; ebenso könnte man das gefeinte Eisen aus Eisenerz statt aus Roheisen in gleicher Weise schmelzen. Alle Materialien sollen in kleinen Stücken aufgegeben werden. Es würde ein schwächeres Gebläse als beim Hochofen genügen. Eine praktische Bedeutung erlangte diese Methode nicht.

Von grofser Tragweite war dagegen die Erfindung von Samuel Baldwin Rogers (1816), welcher den Sandherd im Puddelofen, wie ihn Cort angegeben hatte, durch einen eisernen Herd, den er mit Eisenoxyden schützte, ersetzte. Auf diese Erfindung werden wir später zurückkommen.

Ebenso war man in England darauf bedacht, die Maschinen und Werkzeuge zur Bearbeitung des Eisens zu verbessern. In dieser Beziehung erwähnen wir ein Patent von John Hartop für eine Luppenquetsche (sqneezing machine) vom Jahre 1805, John Bennochs Nagelwalzen (E. Pat. v. 17. Febr. 1801), William Bells Messer- und Scherenwalzen, Billingsleys Cylinderbohrmaschine.

In Frankreich waren in dieser Periode mehrere Versuche gemacht worden, das Flammofenfrischen einzuführen, aber ohne Erfolg.

Der Hammermeister Sabathier aus dem Depart. Nièvre, welcher von dem englischen Puddelprozefs Kenntnis erlangt hatte, machte der französischen Regierung im Jahre 1802 den Vorschlag zur Einführung des Flammofenfrischens mit Holzkohlen. Er wollte dies in drei verschiedenen Öfen ausführen. Zuerst sollte das Roheisen in einem Ofen gereinigt und in Platten gegossen werden, ähnlich dem in Nivernais bereits üblichen Hartzerennen (mazéage), dann sollte dieses gereinigte Eisen in einem zweiten Ofen gefrischt und zu Luppen gemacht werden, der dritte Ofen sollte als Glüh- oder Schweifsofen zum Ausschmieden der Luppen dienen.

Nach wiederholten Gesuchen bewilligte die Regierung Sabathier 8000 Frcs., um vier Flammöfen auf der Hütte von Pont-Saint-Ours zu bauen und einen Versuch mit seinem Verfahren anzustellen. Währenddem Sabathier noch hiermit beschäftigt war, erteilte 1808 die Regierung einem Herrn Dufaud fils, ebenfalls Hammermeister im Depart. Nièvre, ein Erfindungspatent für das von Sabathier vorgeschlagene Verfahren, aber mit Steinkohle. Nach einem Regierungs-

Digitized by Google

bericht machten dann Sabathier und Dufaud ein Versuchsschmelzen, welches aber der Beschreibung nach in viel mangelhafterer Weise als der englische Puddelprozefs ausgeführt wurde [1]).

Dufaud setzte später noch seine Versuche mit einem Herrn Petit fort, wobei das Hartzerennen, welches bei dem guten Holzkohleneisen nicht nötig war, unterblieb. Dies vereinfachte Verfahren soll, wie Dufaud in einer von ihm verfafsten Broschüre mitteilt [2]), sehr guten Erfolg gehabt haben.

Die drei verwendeten Öfen waren Flammöfen [3]), von denen der erste der gröfste war. Schon in diesem wurde zur Reinigung des Eisens in der geschmolzenen Masse gerührt. Man nahm von Zeit zu Zeit Proben und sah, ob das Eisen weifs war und sich Krystalle von weichem Eisen darin zeigten. Alsdann stach man es in feuchten Sand ab. Es blieb viel Schaleneisen zurück, das man durch die Einsatzthüre ausbrach und beim Herdfrischen mit aufgab. Von dem geläuterten Eisen (fer mazé) wurden ungefähr 1550 kg in zwei Hälften in den Frischflammofen, in dessen Herd ein Tiegel ausgespart war, eingesetzt und langsam erhitzt. Sobald das Metall in Weifsglut war, bestieg ein Arbeiter das Gewölbe des Ofens, in welchem eine Öffnung angebracht war. Durch diese führte er einen Rengel ein, mit welchem er die beiden Stücke leicht beklopfte, damit die Teile zu einer Luppe zusammenschweifsten, hierauf wälzte sie ein zweiter Arbeiter in der flüssigen Schlacke. Von den zwei Stücken schmolzen ungefähr 50 kg ab, welche man, während die Luppe mit dem Rengel bearbeitet wurde, durchrührte, bis sie auch eine teigige Konsistenz bekamen. Hierauf vereinigte man alle Teile, gab Hitze und zängte hierauf das Stück. Zum Ausschmieden bediente man sich des dritten kleineren Flammofens.

Man verbrauchte bei diesem Verfahren für 100 Tle. Stabeisen, 140 Tle. Roheisen und 283 Tle. Steinkohlen. Da man bei dem englischen Verfahren einschliefslich des Feinens 320 Tle. Steinkohlen verbrannte, so scheint dagegen das Verfahren von Dufaud günstig. Wenn man aber bedenkt, dafs das englische Kokseisen viel unreiner war, so dafs man das Holzkohleneisen von Nivernais eher dem englischen Feineisen gleich stellen mufs, so stellt sich das Verhältnis ganz anders.

---

[1]) Siehe Hassenfratz, a. a. O., III, S. 96.

[2]) Mémoire sur la fabrication de fer en substituant le charbon de terre au charbon de bois (imprimé a Nevers), p. 22.

[3]) Die Beschreibung derselben findet sich bei Hassenfratz, a. a. O., III, S. 98.

Digitized by Google

Obgleich Dufaud nur eine geringe Abgabe für sein patentiertes Verfahren verlangte und obgleich Hassenfratz die französischen Fabrikanten ermahnte, entweder dieses oder das englische Verfahren einzuführen, so fand doch damals das Flammofenfrischen in Frankreich noch keinen Eingang.

Auch ein anderer Vorschlag von Hassenfratz, den er, wie er sagt, deshalb machte, weil er einsah, dafs die Selbstsucht, Gewohnheit und Routine der Fabrikanten der Einführung dieser Methoden so hartnäckigen Widerstand entgegensetzen würde, dafs erst in entfernter Zeit auf deren Einführung zu rechnen wäre, fand wenig Anklang. Er bestand darin, das Frischen wie seither beizubehalten, aber das Ausheizen in Flammöfen mit Steinkohlenfeuerung auszuführen. Wenn hierbei auch nur ein Teil der Holzkohlen erspart würde, so verdiente dies doch nach Hassenfratz' Meinung die ernste Beachtung der französischen Regierung.

Die Herren Frèrejean in Lyon machten um jene Zeit (vor 1812) Versuche, oxydische Erze mit Kohlenpulver gemengt im Flammofen mit Steinkohlen zu gut zu machen, ein Verfahren, das in England früher wiederholt versucht worden war. Die Reduktion verlief aber zu rasch und das Eisen verschlackte, ehe das Erz genügend reduziert war.

Dagegen gelang es den Genannten, sowie einem Herrn Blumenstein, Eisenoxyd in dieser Weise zu Metall zu reduzieren, indem sie das Gemenge von Erz und Kohlen zu Backsteinen formten, welchen sie einen Überzug von Thon gaben. Diese Backsteine wurden im Flammofen einer langsam steigenden Hitze ausgesetzt und so gelang es, Eisen in Form von Körnern zu erhalten, welche man in Tiegeln, Frischfeuern oder Flammöfen einschmelzen konnte. — Vergeblich hatte der Oberingenieur Blavier versucht, im Depart. Aveyron Eisenerze mit Steinkohlen in Katalanschmieden zu schmelzen. Muthuon wollte dasselbe erreichen, indem er den Prozefs in drei verschiedenen Öfen und Herden durchführte. Hassenfratz ermahnt die französischen Fabrikanten, sich durch die vergeblichen Versuche, Eisenerze in einer Operation mit Steinkohlenfeuer auszuschmelzen und zu frischen, nicht irre machen zu lassen.

Wir führen diese Thathsachen nur an, um den damaligen Stand der französischen Eisenindustrie zu beleuchten.

Wie unbekannt das englische Verfahren der Stabeisenbereitung damals noch in Frankreich war, geht auch daraus hervor, dafs Colon in Paris 1806 ein Patent auf das in England allgemein gebräuchliche Walzwerk erhielt.

Digitized by Google

Die Verarbeitung der Schmiedeeisenabfälle und des alten Eisens (Schrott) war eine nicht unwichtige Arbeit geworden. Es entstanden Fabriken, welche sich ausschliefslich damit beschäftigten, namentlich in der Nähe grofser Städte, wo das Material reichlich vorhanden war. So soll damals eine einzige Anlage dieser Art in London fünf Walzwerke beschäftigt haben. Wenn man das alte Eisen für sich verschmolz und es nicht, wie vordem, beim Frischen zusetzte, so geschah dies entweder in Herden oder in Flammöfen. Svedenstjerna hat das Eisenwerk Crammond bei Edinburg beschrieben, welches aus altem Eisen, Nägeln, Reifen u. s. w., die zum Teil aus Holland bezogen wurden, Stabeisen in Flammöfen und Herden machte, das dann zu Blechen, Spaten, Schaufeln u. dergl. ausgeschmiedet wurde. Das alte Eisen wurde mit Blechabschnitzeln und Schrot zu kubischen Haufen (piles) von 11 bis 12 Zoll Seitenlänge geformt. Dies besorgten Kinder und alte Leute, welche die Eisenabfälle möglichst ineinander verstrickten, so dafs der Haufen fest angefafst werden konnte, ohne auseinander zu fallen. Das Schweifsen geschah entweder in einem Flammschweifsofen (bloom furnace) oder in einem überwölbten Herd mit Gebläse. Der Hammer, die Hammerwelle und das Wasserrad waren meist von Eisen; aufserdem gehörte ein kleines Walzwerk, ein Glühofen und eine grofse Schere von Gufseisen, um das Material für die Bleche und Spaten zu schneiden, zu der Anlage. Zu Bradley setzte man die Abschnitzel der Blechfabrik im Puddelofen zu, und zwar in dem Augenblick, sobald das Feineisen zu schmelzen begann, worauf man starke Hitze gab. Das Frischen wurde dadurch sehr beschleunigt. Wollte man altes Stabeisen allein verarbeiten, so bediente man sich am vorteilhaftesten eines Flammofens mit horizontalem Herd und so konstruiert, dafs man darin eine rasche und starke Schweifshitze erzielen konnte. Dabei trug man das Eisen entweder in acht bis zehn Töpfen von 4 Zoll Höhe und 10 bis 12 Zoll Durchmesser ein, oder man machte Haufen oder Pakete daraus, die man auf den Herd setzte. Ersteres Verfahren war kostspieliger durch die Töpfe, die dabei zu Grunde gingen, aber das Eisen erlitt weniger Abbrand; letzteres Verfahren war vorteilhafter, erforderte aber rasche Schweifshitze. Hiernach mufste das Verhältnis von Rost, Herd und Fuchs eingerichtet sein und die Feuerbrücke mindestens 6 Zoll hoch liegen [1]).

Fischer sah 1814 das Einschmelzen von altem Eisen in Schweifs-

[1]) Siehe Annales des arts et manufact. XL, p. 263.

Digitized by Google

öfen (ball-furnaces), welche Puddelöfen ähnlich waren, in Birmingham und war überrascht über die Kürze der Zeit, in welcher die Schmelze fertig wurde. Die unter einem schweren Hammer zusammengepreſste Luppe wurde sofort durch Walz- und Schneidwerke zu Rundeisen und Stäben verarbeitet. Er empfahl den Prozeſs der Beachtung der Eisenwerksbesitzer des Kontinents. 1805 wurden die ersten Luppenquetschen in England eingeführt.

Eine andere Aufgabe, welche die Eisenhüttenleute damals viel beschäftigte, war die Zugutemachung der Frisch- und Puddelschlacken. Dieses geschah zuerst im Rennherd, wie zu Uslar, wobei groſser Abgang stattfand. In Schweden erhöhte man den Rennherd zu einem niedrigen Schachtofen (Stückofen) von 6 Fuſs Höhe, ohne bessere Resultate zu erzielen. Auch hier war die Zeit für die Reduktion zu kurz. Zu Jedlitze in Oberschlesien hatte man ein ganzes Jahr hindurch in einem solchen nach schwedischer Art erhöhten Rennherd Frischschlacken verschmolzen, doch waren die Resultate unbefriedigend. Vorteilhafter erwies sich das Verschmelzen der Frischschlacken in Blauöfen oder noch besser in Hochöfen. In Schlesien erzielte man aus denselben Schlacken bei dem Schmelzen im Hochofen und darauffolgendem Frischen beinahe 16 Proz. mehr Ausbringen als in dem erhöhten Rennherd. Karsten berechnet den Kohlenverbrauch für 100 Pfd. Roheisen auf 62 Kbfſs, was 44 Kbfſs. weniger war als im Rennherd. Immerhin wurde nur ein Teil des Eisens der Frischschlacken, höchstens 36 Proz., ausgebracht. v. Marchers Versuche in einem 18 Fuſs hohen Blauofen beweisen ebenfalls, daſs das Verschmelzen der Frischschlacken im Schachtofen weit vorteilhafter ist als im Herd. Auf dieses Verfahren nahm Anthony Hill 1814 in England ein Patent.

Die Bemühungen, rotbrüchiges und kaltbrüchiges Eisen zu verbessern, wurden in dieser Zeit mit Eifer fortgesetzt. Levasseur[1]) empfahl 1. Cementation mit Kalk und 2. Verwendung von Kalk beim Ausschmieden. Er tauchte die Stangen in dicke Kalkmilch, benetzte das Feuer mit Kalkmilch und erhitzte stark. Die heiſsen Stangen bestreute man mit gelöschtem, gepulvertem Kalk.

Auf den Hammerwerken von Marche bei Namur warf man, nach Baillet[2]), $^1/_2$ Schaufel gepulverten reinen Kalkstein auf die Luppe und hielt sie dann noch einen Augenblick vor den Wind. Hierdurch

---

[1]) Annales de Chimie, Nr. 125, p. 183. Crells Chem. Ann. 1802, II, S. 41.
[2]) Journ. des Mines, an XI (1803), p. 246.

Digitized by Google

sollte das Eisen vom Phosphor gereinigt werden. Rinman jun. hatte vorgeschlagen, das flüssige Eisen durch ein Gemisch von Kalk und Schlacke zu reinigen.

Zu Zinsweiler bei Reichshofen wendete man 1801 folgende Mittel an [1]): war das Eisen im Frischherd geschmolzen, so warf man einige Hände eines Gemisches von Kalk und Pottasche auf; nachher trug man beim Aufbrechen der Luppe einige Handvoll eines Gemenges von gebranntem Kalk, Pottasche, Salz, Alaun und Schlacke nach und wiederholte dies bei jedem Aufbrechen, im ganzen viermal.

Die Gesellschaft zur Aufmunterung des Gewerbfleifses in Frankreich (Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale) setzte 1803 einen Preis von 3000 Frcs. für diesen Zweck aus, den sie 1809 auf 8000 Frcs. erhöhte, nämlich 4000 Frcs. für die Verbesserung des rotbrüchigen und 4000 Frcs. für die Verbesserung des kaltbrüchigen Eisens. Es wurden zwei Lösungen der Aufgabe eingereicht. Die eine vom Professor Ohny, welcher vorschlug, kaltbrüchiges Roheisen mit einem Zusatz von 2 Tln. Kohlenpulver und 1 Tl. Seesalz zu 12 Tln. Roheisen zu verfrischen und kalt- und rotbrüchiges Eisen zusammenzuschweifsen, wodurch der eine Fehler den anderen aufheben sollte; die andere von dem oben genannten Dufaud, welcher vorschlug, auf das flüssige Eisen, sobald es im Frischherd eingeschmolzen ist, $^1/_{30}$ kohlensauren Kalk zu werfen. Obgleich dieses Mittel durchaus nicht neu war, wurde Dufaud doch der Preis von 4000 Frcs. für Verbesserung des Kaltbruchs zuerkannt.

Rationellere Versuche, welche auch von gutem Erfolg begleitet waren, hat der schwedische Oberhochofenmeister Af Uhr im Jahre 1809 auf der Björnhütte in Gestrickland angestellt, indem er den Kaltbruch schon bei der Roheisendarstellung im Hochofen durch entsprechende Gattierung verschiedener Erzsorten zu verbessern suchte.

Karsten sagt hierüber, bei der Verbesserung des Rot- und Kaltbruchs müsse man von den Erzen ausgehen und dieselben gar und heifs verblasen. Das Roheisen müsse mit Vorsicht und nötigenfalls mit einem Zusatz von 3 bis 5 Proz. ganz reinen Kalkes nach dem ersten Rohaufbrechen verfrischt werden. — In England geschah dies nach Anthony Hills Patent (Nr. 3825) von 1814 in der Weise, dafs er beim Puddeln seines aus Schlacken erblasenen kaltbrüchigen Eisens, zu welchem er $^3/_4$ gutes Roheisen zugesetzt hatte, gebrannte Schlacke einrührte, ehe die Gare eintrat.

---

[1]) Siehe Hassenfratz, III, S. 169.

Digitized by Google

Als zuverlässigstes Mittel zur Verbesserung des Rotbruchs erkannte man reinen Spateisenstein.

Die Fortschritte in der Verarbeitung des Eisens bestanden hauptsächlich in der häufigeren Anwendung der Walzwerke. In England waren dieselben bereits ganz allgemein in Gebrauch, während auf dem Kontinent ihre Anwendung noch selten war. Dagegen waren Walz- und Schneidwerke für die Herstellung schwacher Eisensorten sehr verbreitet. Man wendete dabei fast allgemein gemauerte Glühöfen zur Erwärmung des Eisens an. Es waren dies meist Flammöfen, doch bediente man sich bei den rheinischen und belgischen Schneidwerken einfacher gewölbter Räume, welche einen Rost zur Verbrennung der Steinkohlen hatten und unter einer Esse standen. Das Materialeisen lag unmittelbar auf den brennenden Kohlen und eine Öffnung in der vorderen Wand des Gewölbeofens diente sowohl zum Ein- und Austragen des Materialeisens, als zum Einfüllen der Kohlen und zum Abzug der Verbrennungsgase. Man sparte bei diesem Verfahren im Vergleich mit den Flammöfen an Brennmaterial, das Eisen war aber viel mehr dem Verbrennen ausgesetzt. Bei gutem Betriebe sollte der ganze Eisenabgang bei den Walz- und Schneidwerken 1 Proz. nicht übersteigen.

Bei der Drahtfabrikation wendete man statt des Zaineisens vielfach das Schneideisen an. Dieses gab aber viel Ausschufs, der zwar durch vorausgehendes Hämmern verringert wurde, wodurch sich aber die Kosten erhöhten. Es war viel vorteilhafter, das Eisen nur der Länge nach auszuwalzen und es nicht zu spalten, wodurch auch immer das Gefüge gestört wurde. Die groben Drahtsorten stellte man aus Schneideisen oder direkt aus den Drahtknüppeln durch Auswalzen her; die feinen Drahtsorten zog man dagegen aus gewalztem groben Draht.

Die Drahtsorten und deren Bezeichnung waren in jeder Gegend anders. Hassenfratz teilt in einer Tabelle die Nummern und Stärken der französischen Drahtsorten, nebst den Gewichten von je 100 m und den Längen von einem Kilogramm mit [1]).

Die Drahtfabrikation machte damals in Frankreich bedeutende Fortschritte. Für ihre Verbesserung hatte die Société d'encouragement ebenfalls Preise ausgesetzt. 1807 erhielten die Herren Mouchel, welche in Aigle eine der gröfsten Drahtfabriken besafsen, die silberne Medaille [2]). Sie machten damals allein 50000 kg Kratzendraht im

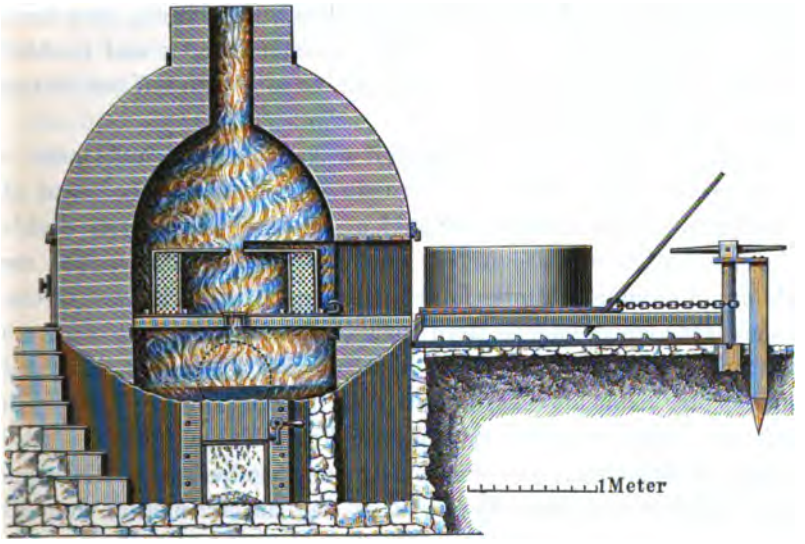
[1]) Siehe l. c. III, p. 316.

[2]) Siehe Annales des mines 1807, Nr. 127, p. 63.

Digitized by Google

Jahre, welcher, aufser ins Inland, nach Portugal, Spanien, Italien und der Levante ging. Sie bezogen ihr Stabeisen von den Departements de l'Orne und la Haute-Saône und liefsen es in einem Zainhammer zu Krauseisen in 1 cm Stärke umschmieden. Dieses kam auf den Drahtzug und wurde das erste Mal nach drei Nummern, die darauffolgenden Male nach je fünf Nummern wieder ausgeglüht. Stahldraht, der viel härter war, mufste nach je zwei Nummern geglüht werden. Man zog ihn zu 44 Nummern aus. Zum Ausglühen konstruierten die Herren Mouchel einen ganz besonderen Glühofen, der in Fig. 45

Fig. 45.



abgebildet ist. Zwischen zwei gufseisernen Cylindern, welche ineinandergestellt sind und einen Hohlraum lassen, wurden die Drahtrollen, etwa 500 kg schwer, eingelegt. Der Ofen hatte einen Durchmesser von 1,60 m, der äufsere Cylinder von 1,40 m, der innere Cylinder von 1 m; die Höhe betrug 0,5 m. Die Cylinder standen auf einer Eisenplatte auf. An dieser war ein Haken befestigt, an dem sie mit Kette und Haspel aus dem Ofen gezogen wurden, sobald das Ausglühen beendet war, worauf sogleich ein frisch gefüllter Cylinder, von denen immer mehrere zum Wechseln bereit standen, eingeschoben wurde. Oben waren die Cylinder mit einer kreisförmigen Platte bedeckt, die nur in der Mitte ein rundes Loch als Öffnung für die Feuergase, welche durch den inneren Cylinder strichen, hatten. Da der äufsere Cylinder ebenfalls von dem Feuer umspült wurde, so fand eine ausgiebige und gleichmäfsige Erhitzung des Drahtes statt. Die Glühcylinder wurden stünd-

Digitized by Google

lich gewechselt. Die Herren Mouchel liefsen den Draht meistens von Arbeitern im Hausbetrieb ziehen, ganz ähnlich, wie dies in Altena und Iserlohn üblich war. Daneben hatten sie aber eine Drahtzieherei mit 24 Rollen in einem Raume. Auch zum Richten des Drahtes hatten die Herren Mouchel einen verbesserten Apparat erfunden [1]). Sie machten sehr guten Stahldraht, wozu sie den Stahl von La Hutte bei Darney in den Vogesen bezogen. Der Stahldrahtzug war von dem Eisendrahtzug getrennt.

In England nahm William Bell 1815 ein Patent (Nr. 3907) für ein eigentümliches Drahtwalzwerk, welches nach seiner Beschreibung so eingerichtet war, dafs aus einem Flachstab gleichzeitig eine Anzahl Drähte gewalzt wurden, welche noch zusammenhingen und nachträglich erst durch Schneidwalzen, Scheren oder sonstige Vorrichtungen voneinander getrennt wurden.

Auch bei der Blechfabrikation kamen mehr und mehr die Walzwerke zur Anwendung und, wo dies der Fall war, bediente man sich ebenfalls geschlossener Glühöfen, welche geringeren Kohlenverbrauch hatten und die Arbeit rascher förderten, da sie viel mehr leisteten als die alte Methode des Glühens der Bleche auf eisernen Stangen über einem offenen Herdfeuer. Meistens hatte man sogar zwei Glühöfen bei einem Walzwerk. In ihrer Konstruktion entsprachen sie den Glühöfen der Schneidwerke, nur dafs sie breiter waren. Hohe Feuerbrücke, niedriges Gewölbe, tiefliegender Fuchs waren für einen Blechglühofen erforderlich. Der Fuchs war zur Regulierung der Hitze mit einem Schieber versehen. In der Regel lag die Arbeitsthür dem Rost gegenüber, so dafs beim Öffnen der Thüre die Flamme herausschlug und den Eintritt der äufseren Luft in den Glühraum verhinderte.

Auf den grofsen belgischen Blechhütten wendete man keine Flammöfen, sondern Gewölbe mit einem Rost, wie auch bei den Schneidwerken, welche unter einer Esse standen, an. Auch hier sparte man Brennmaterial, hatte aber mehr Verderb an Eisen.

Bei den Schwarzblechwalzen hatte man in der Regel ein Sturzwalzwerk und daneben ein Schlichtwalzwerk. Der Feuermann reichte die gehörig erhitzten Stürze dem Walzarbeiter, der sie durch die Walzen gehen liefs; ein zweiter nahm sie auf der anderen Seite in Empfang und gab sie dem ersten zurück, der sie ein zweites, drittes und viertes Mal durchsteckte, wobei jedesmal die Walzen enger geschraubt wurden. Hatten die Stürze die gewünschte Länge, so

[1]) Siehe l. c., Pl. VI.

Digitized by Google

faſste sie nach dem letzten Durchgange ein dritter Arbeiter und bog und schlug sie zusammen. Die Stürze wurden in Hahnebrei getaucht, oft zwei- und dreifach ineinandergesteckt, worauf die Bearbeitung unter den Schichtwalzen folgte. Groſse Bleche walzte man ohne Zusammenschlagen durch. Nach jedem Durchgange wurde der Glühspan abgeschlagen.

Bei guter Arbeit gaben 100 Ctr. Blechstäbe 72 Ctr. Blech bei 22 Ctr. Abschnitzel. Auf 1 Ctr. Blech rechnete man 4 bis 5 Kbfſs. Steinkohlen.

In der Weiſsblechfabrikation hatte die englische Industrie die deutsche weit überflügelt, namentlich in der Verzinnung. Die englischen verzinnten Bleche zeigten einen hohen spiegelartigen Glanz, während der deutsche Zinnspiegel wolkig und ungleich war. Versuche, die gleichförmigen glänzenden Flächen dadurch zu erreichen, daſs man die Bleche nach dem Verzinnen durch glatte Walzen gehen lieſs, hatten nicht den gewünschten Erfolg.

Zum Beizen verwendete man seit 1806 statt der früher gebräuchlichen sauren Hefe oder Essigsäure verdünnte Schwefelsäure, welche besser wirkte. Um den Glühspan recht mürbe zu machen, erhitzte man bis zur beginnenden Rotglühhitze, was die Schwefelsäure ertrug, während die Pflanzensäuren zersetzt wurden. Nach dem Glühen, das in ansteigenden Flammöfen geschah, wurden die gebeizten Bleche kalt gewalzt, wodurch der meiste Glühspan absprang. Da die Bleche durch das Walzen spröde geworden waren, wurden sie nochmals in einem verschlossenen Muffelofen geglüht und noch einmal naſs gebeizt. Eine reine Beize war das erste Erfordernis für einen guten Zinnspiegel. Das zweite Erfordernis war eine zweckmäſsige Art der Verzinnung. Dazu gehörte namentlich, daſs das letzte Verzinnen in der Durchführpfanne mit reinstem Zinn, unter einer Decke von abgeschäumtem Talg, dem man $^1/_{25}$ Salmiak zuzusetzen pflegte, geschah. Die durchgeführten Bleche lieſs man in der Talgpfanne erkalten.

J. C. Fischer giebt eine kurze, aber gute Beschreibung der englischen Weiſsblechfabrikation, wie er sie 1814 zu Rotherham bei Sheffield gesehen hatte [1]). Das bis $^3/_4$ Zoll dick geschmiedete Eisen wurde in derselben Länge, als wie die Bleche breit werden sollten, abgeschnitten, im Glühofen gewärmt und unter 10 Zoll dicken gegossenen Hartwalzen [2]) ausgewalzt. Fingen die Bleche an dünn zu

[1]) Fischer, Tagebuch, a. a. O., S. 168.

[2]) Fischer sagt ausdrücklich „case hardened"; dann waren sie aber wohl geschmiedet und nicht gegossen.

Digitized by Google

werden, so wurden sie doppelt und dann vierfach zusammengelegt, wodurch sie die doppelte Länge eines einfachen Sturzblechs erhielten und somit beim Zerschneiden acht Stücke lieferten. Diese Bleche, von allen vier Seiten nach dem Rifs eines eisernen Modells beschnitten, wurden in Salzsäure (muriatic acid [1]) getaucht, dachförmig zusammengebogen, dafs sie auf den Kanten aufstanden, und dann ganz gelinde, wenn die Salzsäure vorher darauf trocken geworden, in einem Glühofen geglüht. Wenn sie kaum braun waren, nahm man sie heraus, worauf der Glühspan durch einen leichten Schlag in starken Schuppen abfiel; was hängen blieb, wurde mit einer Bürste abgenommen. Diese gereinigten Bleche gingen dann unter einem wohlpolierten und wohlgehärteten Walzwerk durch, um federhart und glatt zu werden, und von da in Kleie und verdünnte Vitriolbeize. Sobald sie aus dieser herausgenommen waren, kamen sie zum ersten Zinnherd, wo die mit englischem Zinn gefüllte Pfanne beständig mit Öl bedeckt war. Bei ziemlich starker Zinnerhitzung, welche an der gelben Farbe der herauskommenden Bleche zu erkennen war, erhielten sie die erste Verzinnung. Von da kamen sie zum zweiten Zinnherd, der ebenfalls stark mit Öl bedeckt, aber nicht so heifs war. Nach geschehener Eintauchung wurde das Blech mit einer Bürste auf beiden Seiten gerieben, noch einmal eingetaucht und dann auf ein Gestell, mit einer der Ecken zuunterst, damit das Zinn sich sammeln konnte, gestellt. Während das Zinn daran bereits noch flüssig war, nahm eine andere Person das Blech und spülte es in einer mit kochendem Öl gefüllten Pfanne ab, wodurch alles überflüssige Zinn abfloſs und worin die rätselhafte Ursache lag, dafs die englischen Bleche keinen Brand hatten. Aus dieser Pfanne wurde das Blech in einen Haufen Kleie geworfen, mit welcher es auf beiden Seiten abgerieben wurde, und zwar durch drei verschiedene Personen; auch wurde die Kleie oft gewechselt.

Der Stahlbereitung wendete man in dieser Periode hervorragendes Interesse zu. Auf dem Kontinent wurde der Stahl fast ausschliefslich noch in Frischherden dargestellt. Fig. 46 zeigt einen Stahlherd der Königshütte im Harz von 1806 nach Villefosse.

Wir haben schon erwähnt, welche Wichtigkeit man dem Mangan für die Stahlbildung zuerkannte. Gazeran ging darin so weit, den Stahl für eine Legierung von Eisen und Mangan, letzteres also für

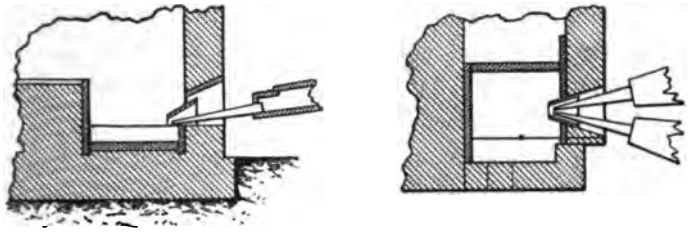
---

[1]) Auf dem Kontinent nahm man Schwefelsäure, weil Salzsäure damals dort noch selten und teuer war.

Digitized by Google

einen wesentlichen Bestandteil des Stahls zu erklären. Stünkel jr. stellte die Behauptung auf, man könne nur aus manganhaltigem Roheisen Stahl machen, da aber nach seiner Annahme das Roheisen manganhaltiger Erze immer weifs fallen mufste, so folgte weiter hieraus, dafs sich nur aus weifsen Eisensorten Stahl herstellen liefse.

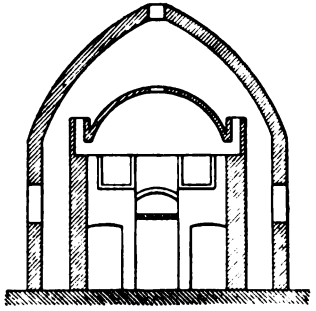
Fig. 46.



Das waren Übertreibungen, denen die Thatsachen widersprachen. Sowohl in Schweden wie in Frankreich machte man ganz guten Schmelzstahl aus grauem Roheisen. Die Roheisensorten, welche man in den Stahlwerken von Rives verwendete, von St. Vincent und von Allvard im Departement von Isère, von St. Hugon, Argentine, St. Hélène im Departement Montblanc, von St. Laurent im Departement Drôme waren alle grau, ebenso die, welche man auf dem Stahlwerk la Hutte im Elsafs zu dem Stahl verarbeitete, aus welchem man die vorzüglichen Klingenthaler blanken Waffen machte. Allerdings war es nach Karsten immer besser, graues Eisen durch Scheibenreifsen oder ein oxydierendes Schmelzen (mazéage) erst in weifses zu verwandeln.

Die Cementstahlfabrikation blühte hauptsächlich in England, wo sie die Grundlage aller Stahlbereitung bildete. Als Rohstoff diente schwedisches Stangeneisen. Das Brennen geschah meist in Öfen mit zwei Kisten mit übermauerter Esse. Fig. 47 stellt einen Cementierofen zu Sheffield nach Colliers Zeichnung vom Jahre 1796 dar (Bd. III, S. 769). Der rohe Brennstahl (Blister steel) war noch keine Handelsware. Er wurde es aber durch einfaches Ausschmieden zu 7 bis 8 Linien dicken Stäben unter einem Wasserhammer. In dieser Form hiefs er gemeiner Stahl (common steel) oder Stangenstahl (bar steel) und wurde in grofsen Mengen nach den beiden Indien und den englischen Kolo-

Fig. 47.



Digitized by Google

nieen ausgeführt. Aus dem Stangenstahl wurde durch Gärben der sogenannte deutsche Stahl (German steel, shear steel), den man früher aus Frischstahl gemacht hatte, hergestellt. Der Cementstahl, der aus dem besten schwedischen Danemoraeisen bereitet war, bildete den Grundstoff für die Fabrikation des englischen Gufsstahls.

Auch auf dem Kontinente fand die Cementstahlfabrikation allmählich Eingang. In Deutschland waren z. B. Brennstahlfabriken zu Rastadt an der Murg und zu Schedewitz bei Zwickau. In den Vereinigten Staaten machte D. Little einen vorzüglichen Brennstahl durch Glühen von Stabeisen in gepulvertem Seetang.

Die gröfste Aufmerksamkeit wendete man aber der Gufsstahlfabrikation, für welche noch immer die Engländer das Monopol hatten, zu. Clouets Versuche hatten zu praktischen Erfolgen nicht geführt, auch das von Mushet patentierte Verfahren nicht. Beide wollten Gufsstahl durch Schmelzen von reinem Schmiedeeisen mit prozentalen Mengen von Kohle herstellen. Das Schmelzen des Schmiedeeisens im Tiegel erforderte aber eine weit höhere Temperatur als das Umschmelzen des Cementstahls, war also teurer, anderseits war man durchaus nicht sicher, dafs sich das Schmiedeeisen auch mit der ganzen Menge des zugesetzten Kohlenstoffs verband. Dies war in den meisten Fällen nicht der Fall, vielmehr fiel das Produkt sehr ungleich aus. Dieser Weg wurde also verlassen.

Bessere Resultate erhielt man durch Zusammenschmelzen von reinem Roheisen mit Stabeisen im Tiegel. Karsten bezweifelt nicht, dafs man auf diesem Wege mit möglichst reinem weifsen, manganhaltigen Roheisen guten Gufsstahl erhalten kann; Thatsachen weifs er aber hierfür nicht anzuführen, und dafs die Erfolge nicht den Erwartungen entsprachen, ersieht man aus seinen eigenen Einschränkungen, denn er schreibt: Weil indes bei diesem Verfahren aufserordentlich reines Roheisen vorausgesetzt wird, welches wohl nur selten zu erhalten ist, weil ferner der Erfolg der Schmelzung des Roheisens mit dem sehr strengflüssigen Stabeisen immer ungewifs bleibt, wenigstens einen aufserordentlichen Hitzgrad voraussetzt; so wird die Gufsstahlfabrik immer mit dem gröfsten ökonomischen Vorteil betrieben werden, welche Cementstahl als Material anwendet. In dieser Richtung entwickelte sich dann auch nach und nach die Gufsstahlfabrikation auf dem Kontinente. Das Schmelzen geschah in Tiegeln, in Windöfen oder in Flammöfen. Die Windöfen waren mit einer hohen Esse verbunden und hatten öfter noch einen besonderen Luftzuführungskanal unter dem Rost, um den Zug zu verstärken. Als

Digitized by Google

Brennmaterial bewährte sich nur Koks. Holzkohlen gaben nicht die genügende Hitze. Die Öfen waren in der Regel nur so groſs, daſs sie einen Tiegel faſsten. Die Flammöfen, die man selten zum Stahlschmelzen anwendete, waren klein und so gebaut, daſs der Rost in der Mitte lag und auf jeder Seite zwei Tiegel standen. Sie hatten Ähnlichkeit mit den Glasöfen. Die Feuerung geschah mit Steinkohlen. Das Einsetzen und Herausnehmen der Tiegel erfolgte durch Öffnungen in den Seitenwänden des Ofens, welche während des Schmelzens mit Ziegeln zugemauert wurden. Ebenso waren seitlich Züge angebracht, damit die Tiegel von allen Seiten von der Flamme umspült wurden. Alle Züge vereinigten sich unter einer Kuppel, die mit einer hohen Esse verbunden war[1]). Das wichtigste Hülfsmittel der Guſsstahlfabrikation waren die Tiegel. Am besten bewährten sich die Ipser Graphittiegel, welche nicht nur sehr feuerbeständig waren, sondern auch die groſsen Temperaturveränderungen am besten aushielten. Wo dieselben aber nicht billig zu beschaffen waren, muſste man Thontiegel nehmen. Von diesen erwiesen sich die gepreſsten besser als die aus freier Hand gearbeiteten. Die Stahlschmelztiegel pflegten 21 cm hoch und 13 cm weit zu sein und 15 bis 20 kg zu fassen.

In früherer Zeit hatte man dem Flusse, den man zusetzte, die gröſste Wichtigkeit beigelegt und denselben geheim gehalten. Die Erfahrung hatte aber gelehrt, daſs dies eine Täuschung war und daſs jeder indifferente Fluſs anwendbar war. Reines Glas gab die beste Schutzdecke; bei gutverschlossenen Tiegeln bedurfte man aber überhaupt keiner Fluſsdecke. Im kleinen hatte Lampadius guten Guſsstahl aus feinstem Cementstahl mit etwas Kreide und Borax in hessischen Tiegeln geschmolzen. Die Beschickung betrug auf 1 Pfd. Cementstahl 1 Unze Borax und $^1/_2$ Unze Kreidepulver.

Tiemann auf der Karlshütte bei Einbeck hatte 1804 eine Methode der Guſsstahlbereitung erfunden, welche angeblich die englische übertreffen sollte. Das Verfahren wurde 1810 in dem damaligen Königreich Westfalen bekannt gemacht und auch in Anwendung gebracht[2]). Doch hatte man groſse Schwierigkeiten mit der Herstellung haltbarer Tiegel, und verlautet von Erfolgen nichts.

Die ersten geschäftlichen Erfolge hatte ein Ratsherr Johann

---

[1]) Hassenfratz, T. IV, p. 94.

[2]) Siehe Bericht des Finanzministers von Bülow an den König vom 7. September 1810, abgedruckt im Neuen Journal für Fabriken etc., IV, Oktober 1810, S. 356.

Digitized by Google

Konrad Fischer[1]) von Schaffhausen, dessen Verdienste um die Gufsstahlfabrikation schon 1804 bei der Berner Kunstausstellung anerkannt wurden. 1809 schickte er Gufsstahlproben an die Gesellschaft der Aufmunterung der Nationalindustrie in Paris, welche 1807 einen Preis von 4000 Franken für das beste Verfahren der Gufsstahlbereitung ausgesetzt hatte. Die beste Sorte soll nach Angaben von Zeitgenossen den englischen Gufsstahl übertroffen haben. Fischers Verfahren soll darin bestanden haben, dafs er Stabeisen mit gewissen Zusätzen in einem cylindrischen Gebläseofen, in welchem mehrere Tiegel eingesetzt wurden, mit Holzkohlen schmolz. Später soll Fischer auch einen guten schweifsbaren Stahl, der im Feuer seine Stahlnatur nicht verlor, bereitet haben[2]).

In Bern entstand um 1810 die Grubersche Stahlfabrik, welche einen vortrefflichen Stahl bereitete, der in Bruch, äufserer Form, Klang und Eigenschaften allen Anforderungen entsprochen haben soll[3]).

Den gröfsten Ruf und Absatz erwarben sich aber in der napoleonischen Zeit die Gebrüder Poncelet in Lüttich. Sie hatten eine bedeutende Fabrik errichtet, welche Frankreich in der Zeit der Kontinentalsperre einen grofsen Teil seines Bedarfes an Gufsstahl lieferte. Schon seit Ende 1807 erzeugten sie ein vortreffliches Produkt. Als sie damit an die Öffentlichkeit traten, wurden sie beschuldigt, denselben nicht selbst fabriziert, sondern englischen Stahl als ihr Fabrikat ausgegeben zu haben. Sie wandten sich nach Paris und baten um Prüfung der Sache. Der damalige Minister des Inneren legte derselben so grofse Wichtigkeit bei, dafs er den Chefingenieur Mathieu mit der Untersuchung beauftragte. Dieser überzeugte sich an Ort und Stelle, dafs die Gebrüder Poncelet[4]) aus inländischem Eisen Cementstahl machten und diesen in Tiegeln zu Gufsstahl schmolzen. Die Eisenstäbe, welche der Cementation unterworfen wurden, kamen teils von Gincla im Aude-Departement, teils von

---

[1]) In seinem Tagebuche einer im Jahre 1814 gemachten Reise über Paris nach London nennt er sich Oberstlieutenant der Artillerie. Er spricht darin öfters von seinem „gelben" Gufsstahl. Aus seinen Andeutungen geht nur hervor, dafs er denselben durch einen besonderen Flufs oder Zuschlag beim Schmelzen erhielt, auch bezeichnet er denselben einmal als eine Legierung.

[2]) Siehe Annales des mines, 1809, Nr. 151, p. 12.

[3]) Siehe Neues Journal für Fabriken etc., IV, November 1810. S. 467.

[4]) Die Firma hiefs: Poncelet Raunet frères, fabricants de limes et d'acier fondu à Liège, dep. de l'Ourthe.

Digitized by Google

Düren im damaligen Departement der Roër[1]). Der zweimal cementierte Stahl sollte den englischen übertreffen[2]). Auch machten die Gebrüder Poncelet einen feinen doppelt geschmolzenen Stahl und einen schweifsbaren Gufsstahl.

Über alle die Stahlarten, welche um den damals ausgesetzten Preis konkurrierten, hat Gillet-Laumont einen eingehenden Bericht erstattet[3]).

1809 hatten die Gebrüder Poncelet von der Société d'encouragement zu Paris eine goldene Medaille von 400 Franken Wert zur Anerkennung und Aufmunterung erhalten. 1811 sandten sie Muster ihres Gufsstahls an genannte Gesellschaft. Sie schmolzen Stahl mit Flufs in Tiegeln von 13 Zoll Höhe, 6 Zoll Weite und 25 Pfd. Einsatz in einem Windofen[4]).

Bei kalter, trockener Luft ging die Schmelzung am besten von statten, während es bei heifsem, feuchtem Wetter manchmal nicht gelang, die nötige Temperatur zu erreichen. Die Gebrüder Poncelet bereiteten sich ihre Tiegel selbst aus einer reinen Thonerde der Ardennen.

In jener Zeit entstanden auch die ersten Gufsstahlfabriken in Westfalen und am Niederrhein.

Der Direktor Schmolder der Friedrich-Wilhelms-Hütte in der Grafschaft Lingen hatte der Gesellschaft zur Aufmunterung in Paris Scheren von Gufsstahl und dazu einen kurzen Bericht seines Verfahrens eingeschickt.

Er nahm 288 Tle. altes Brucheisen, 16 Tle. Eisenfeile, 32 Tle. altes geschmiedetes Eisen, 48 Tle. oxydiertes, gut geröstetes und gepochtes Eisenerz, 32 Tle. pulverisierten Kalkstein, 2 Tle. Horn oder zerkleinerte Tierklauen, 7 Tle. Holzkohlenpulver. Die Substanzen wurden schichtweise in einen Schmelztiegel gethan, mit Tiegelscherben bedeckt und alsdann in einen mit Steinkohlen geheizten Windofen eingesetzt. Nach 2 bis $2^1/_2$ Stunden war die Schmelzung vor sich gegangen, man warf Kohlenstübbe darauf und gofs die geschmolzene Masse in Formen. Die 425 Tle. des Gemenges gaben 320 Tle. Stahl, wovon das Pfund auf beinahe 13 Centimes zu stehen kam.

---

[1]) Siehe den offiziellen Bericht, worin Angaben über die Fabrikation enthalten sind, in Annales des mines, 1809, Nr. 145, p. 35.

[2]) Annales des mines, Nr. 151, p. 9 etc.

[3]) l. c., p. 1 et 2.

[4]) Siehe Hassenfratz, a. a. O., t. IV, p. 83.

Digitized by Google

Andreas Köller & Ko. zu Wald im Bergischen hatten einen Gufsstahl erfunden, der nach dem Urteil der Kenner dem englischen vollkommen gleich war und worüber die Erfinder von der Landesregierung ein Patent erhielten. Sie verkauften das Pfund für 50 Stüber bergisch Courant und verschickten nicht unter 25 Pfd.[1]). Ihr Verfahren hielten sie geheim. Ebenso hatten die Gebrüder Karl und Josua Busch in Remscheid im Jahre 1811 einen Gufsstahl für Werkzeuge, der angeblich die Härte, Feinheit und Tüchtigkeit des englischen mit der Zähigkeit des steierischen verband, erfunden.

Im Jahre 1811 legte Friedrich Krupp auf der Walkmühle bei Altenessen aufser einem Reckhammer eine Stahl-Schmelz- und Cementierhütte an, aus welchem kleinen Anfang das berühmteste Stahlwerk des Jahrhunderts sich entwickelt hat. Im Herbst 1812 konnte Krupp bereits durch Geschäftscirkular mitteilen, dafs er „alle Sorten feinen Stahl, auch Gufs-, Rund- und Triebstahl, sowie auch feine Uhrmacherfeilen und alle anderen Sorten gröberer Sackfeilen, Baster- und Schlichtfeilen und Raspeln“ liefere. Einige Jahre später verband sich Krupp mit dem Mechaniker Nicolai, welcher am 5. Mai 1815 von Preufsen ein Patent auf Gufsstahl erhalten hatte, „der dem besten bis jetzt bekannten englischen Gufsstahl in Rücksicht der Güte gleich gefunden“ war. Diese Geschäftsverbindung hatte aber den gewünschten Erfolg nicht, sondern für Krupp nur Nachteile und Prozesse zur Folge[2]).

In Schweden war es dem Bergmeister Broling im Anfang des Jahrhunderts gelungen, einen Gufsstahl zu verfertigen, welcher dem englischen an Güte nicht nachstehen sollte[3]).

Unter den Proben von Gufsstahl, welche 1811 an die Société d'encouragement zu Paris eingeschickt wurden, um für den von dieser Gesellschaft ausgesetzten Preis von 4000 Franken zu konkurrieren, befand sich ein von Ettler im Departement der Aude fabrizierter Stahl, „wie teigiges Roheisen“, welcher den Vorzug besafs, vollkommen schweifsbar zu sein. Dies wurde angeblich durch Zusatz von weichem, faserigem Eisen zu der Gufsstahlmasse bewirkt. Vermutlich geschah dieser „Zusatz“ durch Zusammenschweifsen.

Im ganzen befand sich die Gufsstahlfabrikation des Kontinents noch in den Kinderschuhen, während sie in England einen grofsen Umfang erlangt hatte. Da man das Verfahren daselbst mit Ängst-

[1]) Hamburger Korrespondent, 1811, Nr. 146.
[2]) Siehe Alfred Krupp, 1889, S. 6.
[3]) Siehe Hausmanns Reise durch Skandinavien, III, S. 356.

Digitized by Google

lichkeit geheim hielt, können wir nur wenig darüber berichten[1]); das Wichtigste haben wir bereits mitgeteilt. Die Engländer bedienten sich der Graphittiegel; das Schmelzen geschah in Windöfen. Vanderbroecks[2]) Bericht über englischen Gufsstahl kann sich nur auf einen ganz geringen Gufsstahl beziehen, welcher durch Zusammenschmelzen von weifsem und grauem Roheisen mit Blechabschnitzeln, altem Eisen, Hammerschlag und Stahlabfällen in grofsen Tiegeln, welche 100 kg Einsatz faßten, erzeugt wurde. Vier dieser Tiegel wurden in einen Flammofen, ähnlich einem Glasofen, eingesetzt.

Von hohem geschichtlichen Interesse ist dagegen Vandenbroecks weiterer Bericht, wonach man in England um 1812 Stahl in Flammöfen mit tiegelförmig vertieften Herden durch Zusammenschmelzen von Roheisen, Schmiedeeisenschrot und Hammerschlag herstellte. Die Mischung wurde auf die Feuerbrücke gelegt, schmolz und sammelte sich das flüssige Metall unter einer Schlackendecke im Herde. Es trat ein Aufwallen und Kochen ein, wobei Kohlenoxydgas mit violetter Flamme entwich. Sobald das Kochen aufgehört hatte, brachte man ein Stück grünes Holz in die Masse und rührte das flüssige Metall um, um die Absonderung zur Schlacke zu befördern. Wenn das Roheisen anfing zu frischen, schöpfte der Arbeiter eine Probe, die er in eine Probeform ausgofs und unter dem Hammer untersuchte. Zeigte sich der Stahl in seinem Korn als zu weich, so wurden Brocken von hochcementiertem Brennstahl eingeworfen, um Kohlenstoff zuzuführen; war er zu hart, so setzte man Blechabschnitzel oder altes Eisen zu. Alsdann wurde die Schlacke abgezogen, der Gufsstahl in die Formen laufen lassen und dann geschmiedet[3]).

Der unter dem Namen Marshall — auf dem Kontinent oft fälschlich Martial — bezeichnete vorzügliche englische Gufsstahl zeigte noch deutlich die Nähte der cylindrischen Form, in welcher er gegossen war; er war demnach nicht überschmiedet.

Das am 13. November 1800 von David Mushet erworbene umfangreiche Patent (Nr. 2447) für Gufsstahlbereitung enthält in seinem ersten Teil nichts anderes als die Beschreibung des Verfahrens, Schmiedeeisen mit Zusatz von abgewogenen Mengen von Kohle, Graphit oder sonstigen Kohlensubstanzen in Tiegeln zu schmelzen, wie es Clouet

---

[1]) Ein kurzer Bericht von Thomas G. Smith aus Philadelphia findet sich Journal des mines, t. XIII, p. 59.

[2]) Inspecteur des travaux de l'école pratique des mines de la Sarre.

[3]) Siehe Hassenfratz, Sidérotechnie; Gruner, Annales des mines, VI. Serie, T. XII; Wedding, Eisenhüttenkunde, III, 535.

Digitized by Google

in Frankreich bereits ausgeführt hatte. Mushet wollte auf diese Weise verschiedene Stahlsorten erhalten, je nach dem Kohlenzusatz von $^1/_{200}$ bis $^1/_{40}$ des Eisengewichtes. Je weniger Kohlen man zusetze, je weicher und schmiedbarer würde der Stahl. Man könne selbst weiches Eisen ohne Kohlenzusatz im Tiegel schmelzen (!), wobei indessen immer etwas Kohlenstoff aus den Feuergasen aufgenommen würde. Betrug der Kohlenzusatz $^1/_{40}$, so liefs sich der Gufsstahl in Formen gieſsen, und nahmen die Stahlgufsstücke vorzügliche Polituren an.

Ein zweites Verfahren Mushets bestand darin, reine Eisenerze mit soviel Kohle zu schmelzen, als für die Reduktion und die Kohlung zu Stahl erforderlich war. Dadurch würde das Verschmelzen der Erze im Hochofen und die Cementation erspart.

Endlich nahm auch Mushet das Verfahren Clouets, Eisen durch Karbonate ohne Kohlenzusatz in Gufsstahl zu verwandeln, in sein Patent auf, indem er das Verfahren noch auf Eisenerze erweiterte.

Sodann enthält das Patent ein Verfahren, durch mehrtägiges Erhitzen (Tempern) von Gufsstahl in Cementier- oder Stahlöfen denselben so schweifsbar wie Cement- oder Schmelzstahl zu machen, ohne die Blasen oder Flecken jener zu bekommen. Grofsen praktischen Erfolg hatte aber Mushet mit seinen Erfindungen nicht, aufser insofern, als er sein Patent für 3000 £ an eine Sheffielder Firma verkaufte[1]).

William Proctor erhielt 1808 ein Patent, Stahl durch Umschmelzen mit oder ohne Zusatz chemischer Mittel zu reinigen. Er wollte sich dabei eigentümlicher Tiegel bedienen, bei denen die Flamme diese nicht nur umspülte, sondern durch mit dem Tiegel verbundene Röhren auch durch die Schmelzmasse geleitet würde. Mehrere Tiegel sollten dann je nach Bedürfnis zugleich in eine Form ausgegossen werden. Als eine Art der Verwendung führt der Patentnehmer das Platieren von Eisen und gemeinem Stahl an.

Die Verwendung von Stahl und Eisen.

Die Verwendung des Stahls im Anfange des Jahrhunderts bietet ebenfalls manches Neue.

[1]) Abridgments of Specifications, Nr. 4382.

Digitized by Google

Der englische Gufsstahl wurde hauptsächlich zu Messerwaren und besseren Werkzeugen verarbeitet, welche sich wegen ihrer Güte den Weltmarkt erobert hatten. — Die Messerschmiedwaren (Cutlery) wurden besonders in Sheffield fabriziert, wo z. B. in einer grofsen Werkstätte über 500 verschiedene Muster, von $2^1/_2$ Pence bis 8 und mehr Guineen das Stück, hergestellt wurden. Ebenso berühmt wie die englischen Messer waren die englischen Scheren. Seit 1806 hatte man vergoldete Taschenscheren auf den Markt gebracht. Von Werkzeugen erfreuten sich Sägen, Feilen, Schneidwerkzeuge (edge-tools), Lanzetten allgemeinen Rufes. Eine Einbufse hatte das Renommee der englischen Messerwaren allerdings dadurch erlitten, dafs man seit 1798 gegossene Messer, Gabeln und Rasiermesser, die dann getempert und poliert wurden, in den Handel brachte.

Bei der Feilenfabrikation bediente man sich nicht, wie man auf dem Kontinent glaubte, der Feilenhaumaschinen, sondern das Feilenhauen war Handarbeit, welche nur durch sehr geschickte Arbeiter und weitgehende Arbeitsteilung, wobei ein Arbeiter womöglich immer nur denselben Hieb zu schlagen hatte, zu grofser Vollkommenheit gebracht war. Fischer, der 1814 eine grofse Feilenfabrik bei Sheffield besuchte, erwähnt, dafs man zu Sheffield abweichend wie in Birmingham beim Härten, welches auch immer durch die gleichen Personen geschehe, die Feilen erst in die Hefe eintauche und sie dann in dem Härtepulver herumwälze. Die Gesenke für dreikantige und halbrunde Feilen hatten keine Zapfen, sondern wurden in schwalbenschwanzförmige Einschnitte der Ambosse eingeschoben, so dafs sie festhielten und doch leicht herausgenommen werden konnten. Die Gesenke waren so geformt, dafs man die Feilen in demselben Gesenk fertig schmieden konnte, während man auf dem Kontinent zu jeder Feile zwei bis drei verschiedene Einschnitte oder Gesenke brauchte. Ein ganz neuer Artikel englischer Erfindung waren Kreissägen, die man von 15 bis 18 Zoll im Durchmesser anfertigte.

Auch geschliffene Stahl- und Galanteriewaren, als Degengefäfse, Schnallen, Knöpfe und Stahlschmuck für stählerne Ohrgehenke und Halsbänder waren damals sehr beliebt. Diese Mode war von England, wo die Fabrikation in Birmingham ihren Sitz hatte, ausgegangen. Besonders beliebt waren Halsbänder aus geschliffenen Rädchen, welche ineinandergriffen und vier Speichen hatten; zwischen jedem Rade befand sich eine rote Koralle. Man zahlte $3^1/_2$ Guineen für ein solches Halsband. Im Januar 1803 erschien die berühmte Sängerin Billington mit einem Haarschmuck aus poliertem Stahl aus der Fabrik von

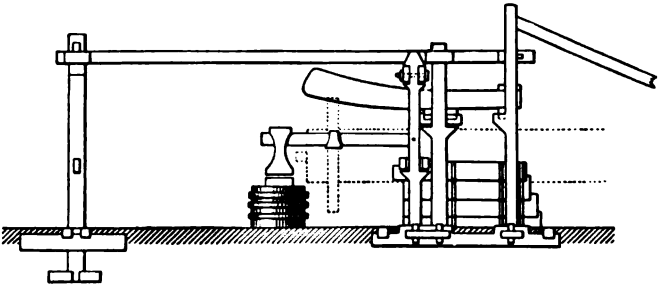
Digitized by Google

Smith & Son in Birmingham auf der Bühne, welcher seines aufserordentlichen Glanzes wegen grofse Bewunderung erregte. Man behauptete, Diamanten könnten nicht die gleiche Wirkung hervorbringen. Diese Stahlschmuckwaren wurden vielfach auch in Paris hergestellt. In Wien trug man 1814 nach dem Zusammentritt des Friedenskongresses blauangelaufene stählerne Ringe mit einem länglichen goldenen Schildchen und der Inschrift „Friede sei mit uns", welche Kongrefsringe genannt wurden.

Die Stahlbrillanten und Perlen (steel pearls) aus Gufsstahl wurden ebenfalls in England erfunden und hergestellt, doch gab es schon vor 1795 eine solche Fabrik des Grafen Thun zu Klösterle an der Eger in Böhmen.

Der Hauptsitz der Stahlwarenfabriken in England war Birmingham, wo namentlich die Fabrik von Boulton, Watt und Fothergil

Fig. 48.

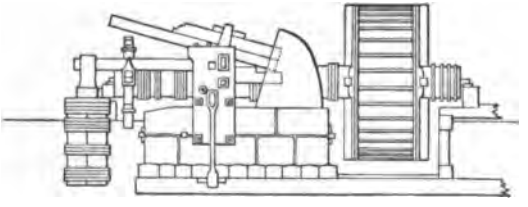


durch ihre vorzüglichen maschinellen Einrichtungen, wie durch ihre Waren Weltruf genofs. Fischer sah 1814 in Birmingham ein stählernes Schreibzeug, welches 50 Guineen kostete.

Stahlschreibfedern verfertigte zuerst ein Däne, Jans Hammer, aus alten abgenutzten Uhrfedern.

Für die Bearbeitung des Schmiedeeisens und des Stahles war der Hammer das wichtigste Werkzeug. Noch wendete man ausschliefslich Wasserhämmer an. In England bediente man sich zur Bearbeitung der Luppen der Stirnhämmer, während man auf dem Kontinent dafür meist Aufwerfhämmer verwendete. Zum Ausschmieden, Zainen und Recken dienten Schwanzhämmer. Fig. 48 stellt einen Stabhammer der Sollingerhütte, Fig. 49

Fig. 49.

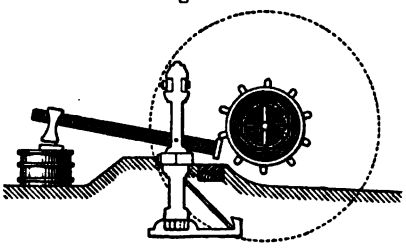


Digitized by Google

einen ebensolchen aus Schweden (nach Nordwall) aus jener Zeit dar; beides sind Aufwerfhämmer, während der Zainhammer der Rothehütte im Harz (Fig. 50) (nach Villefosse) ein Schwanzhammer war.

Der grofse Aufschwung der Eisenindustrie war hauptsächlich bedingt durch den wachsenden Verbrauch von Eisen, der nirgends gröfser war als in England. Der Schiffsbau, das Maschinenwesen, die Waffenfabrikation und das Bauwesen erforderten dort enorme Mengen von Eisen. Die Anwendung des Eisens in der Baukunst wurde ebenfalls immer mannigfaltiger. Massen von Eisen beanspruchten besonders die eisernen Brücken und die Eisenbahnen.

Fig. 50.



Die meisten eisernen Brücken in dieser Periode wurden noch von Gufseisen erbaut. In Paris wurde um 1805 die Pont des arts mit neun Bögen von je 19 m Weite, 9,75 m Breite und 3 m Höhe erbaut. Jeder Bogen stand auf fünf Rippen von Gufseisen. 1805 bis 1807 wurde die Pont d'Austerlitz bei dem Jardin des plantes über die Seine erbaut. Sie war von dem Oberingenieur Lamandé entworfen und ausgeführt und bestand aus fünf Bögen, wovon jeder 32,39 m weit und 3,18 m hoch war.

In Deutschland wurden gufseiserne Brücken über den Kupfergraben in Berlin und bei Charlottenburg, die beide in Schlesien gegossen waren, errichtet, während die Brücke bei Potsdam aus der königl. Giefserei in Berlin stammte.

1815 wurde zu Baden bei Wien eine eiserne Brücke über die Schwechat gebaut, welche aber am 15. Juni bei der Eröffnungsfeier einstürzte.

Viel gröfsere Eisenbrücken wurden in England in dieser Periode ausgeführt. 1802 erbaute Wilson eine eiserne Brücke bei Stains über die Themse. Sie hatte einen grofsen Bogen von 180 Fufs (54,85 m) Spannweite[1]).

Der berühmte Ingenieur Rennie erbaute 1803 eine gufseiserne Brücke über den Witham bei der Stadt Boston in Lincolnshire, deren Bogen aus eisernen Rippen ein Kreissegment von 80 Fufs Sehne bildeten.

[1]) Siehe Rondelet, l'art de bâtir, IV, 541; dort findet man auch nähere Angaben über die Pariser Brücken.

Digitized by Google

1814 liefsen die Magistrate der Städte Monmouth und Glocester eine grofse eiserne Brücke über den Flufs Wye bei Chepstow in Monmouthshire erbauen.

Die schönste und grofsartigste gufseiserne Brücke war aber die Southwarkbrücke über die Themse bei London, deren Bau 1815 begonnen wurde. Ihr mittlerer Hauptbogen hatte die gröfste bis dahin erreichte Spannweite von 240 Fufs (73,15 m), die beiden Seitenbogen je 210 Fufs (64 m). Das gesamte Eisenwerk wog 4585 Tonnen[1]) und war zu Rotherham gegossen. Am 25. März 1819 wurde dieses Meisterwerk Rennies dem Verkehr übergeben.

Um jene Zeit hatte man aber auch schon angefangen, den schmiedeeisernen Brücken gröfsere Aufmerksamkeit zuzuwenden. 1796 war von Finley die erste Kettenbrücke in Nordamerika erbaut worden. 1797 hatte John Nash in England ein Patent auf eiserne Brücken genommen, deren Bogen er aus Rippen, welche er aus Blechplatten oder Gufsplatten durch Vernietung oder Verschraubung zusammensetzen wollte, konstruierte. Ferner wollte er die Brücken aus lauter Kastenstücken erbauen und diese Kasten mit Erde, Lehm oder Ziegelbrocken ausfüllen und sie dann wie Quadersteine behandeln.

Nach der ersten Art liefs der Kaiser von Rufsland auf Antrag des Grafen Romanzoff zwei Brücken von geschmiedetem Eisen über einen Kanal in Petersburg erbauen, welche aber trotz ihrer geringen Spannweite von nur 30 Fufs (9,14 m) eine grofse Summe kosteten.

Ein anderes System brachten Wiebeking und von Reichenbach fast gleichzeitig in Vorschlag, welches hauptsächlich dahin ging, die starren Gufsbalken durch Röhren zu ersetzen, wodurch viel Gewicht erspart wurde. Ebenso machte Wiebeking die Versteifung der Rippen aus schwächeren Röhren, die Unterstützung der Fahrbahn dagegen aus Schmiedeeisen.

Eine grofse Verbreitung hatten die eisernen Schienenwege oder Eisenbahnen in England gefunden, die in Hunderten von Meilen das

---

[1]) Nach einer anderen Angabe in Smiles, Lives of Engineers, wog das Gufseisen der Brücke 3620 Tonnen, das Schmiedeeisen 112 Tonnen. Die Bogen hatten 24 Fufs Höhe, so dafs sie noch 6 Fufs über Springfluthöhe waren. Das Eisenwerk bestand aus acht Bogenrippen, deren Hauptstärke unten lag, wo sie solid waren. Jeder Hauptbogen war aus 13 Teilen zusammengesetzt. Diese Bogenstücke hatten][Querschnitt; die Rippen waren $5\frac{1}{2}$ Zoll, der mittlere Teil $2\frac{1}{2}$ Zoll dick. Die Bogen waren mit langen Keilen mit den Wiederlagsplatten am Ufer befestigt. Den Gewölbeabschlufs der Bogen bildeten starke Rhombenschilder, die untereinander verbunden waren. Die Brücke, die 42 Fufs breit war, wurde mit starken Eisenplatten belegt.

Digitized by Google

Land bedeckten. Man unterschied Rail-ways und Tram-ways. Erstere bestanden aus 2 bis 3 Zoll breiten eisernen Stegen, welche auf der inwendigen und oberen Kante glatt waren, auf der unteren und äufseren Seite jede beliebige Form haben konnten. Die darauf laufenden Wagenräder hatten inwendig einen Falz, wodurch die Wagen in der Bahn gehalten wurden.

Bei den Tram-ways hatte die Bahn, auf der die Räder liefen, auf der äufseren Seite eine rechtwinkelig aufgeschlagene Kante. Die Spuren oder Geleise, welche entsprechend der englischen Wagenspur 5 Fufs breit waren, bestanden aus Gufseisen und lagen auf Langhölzern. Um 1793 hatte Ch. Outram eine Reform des Eisenbahnbaues dadurch herbeigeführt, dafs er die 1 m lang gegossenen Schienenstücke auch unten mit einer Rippe versah, mittels welcher er sie an den Enden auf einzelnen Steinen auflagerte und sie darauf mit eisernen Nägeln in Holzdübeln befestigte. Diese verbesserten Outram-Bahnen fanden grofse Verbreitung, und soll aus der Bezeichnung Outram-Bahn die landläufige Bezeichnung Trambahn (Outram-way = Tram-ways entstanden sein (??)[1]).

Wilkinson gofs auf seinem Eisenwerk bei Bilston Schwellen und Geleise aus einem Stück. Woodhouse verbesserte die Coalbrookdale-Schiene dadurch, dafs er ihr Kastenform gab, wodurch sie direkt auf den Boden in die Strafsenoberfläche gelegt werden konnte. Dies waren die Anfänge des eisernen Oberbaues.

John Outram gab ferner den Schienen unten Fischbauchform nach der Linie der gröfsten Tragfähigkeit, welche Form allgemeine Verbreitung fand. Um 1803 machte Nixon bei Newcastle die ersten Versuche mit schmiedeeisernen Schienen. Die gufseisernen Räder der viereckigen, trichterförmigen Kastenwagen waren sehr klein. Ein Pferd konnte mit Leichtigkeit grofse Lasten auf diesen Eisenbahnen fortbewegen. Zu Croyden zog ein Pferd bei einer Wette 12 mit Steinen beladene Karren, 85568 engl. Pfd. schwer, nebst vier mit 50 Arbeitern beladenen auf einem eisernen Wagengeleise mit Leichtigkeit 6 engl. Meilen weit[2]).

Eine engl. Meile Eisenbahn kostete bei Manchester 300 £. Wyatt hatte 1802 die Bahnen dadurch verbessert, dafs er die Stegschienen oval machte und sie in Stein einliefs[3]). Ein Pferd leistete auf seiner

---

[1]) Hausmann leitet das Wort wohl richtiger von dem deutschen bergmännischen Ausdruck Tram-Balken (Geleis der Trômen bei Agrikola-Bechius) ab.

[2]) Siehe Zeitung für die elegante Welt, 1808, Nr. 120, S. 960.

[3]) Vgl. Haarmann, Das Eisenbahn-Geleise, S. 21.

Digitized by Google

Eisenbahn soviel wie 40 auf der Landstrafse. Eine Bahn mit Wyatt-Schienen befand sich um 1811 auf der Grube Dorothea bei Klausthal.

Kein Geringerer als Watt hatte das Beispiel eines ganz aus Eisen erbauten Hauses gegeben. Eines der grofsen Fabrikgebäude zu Soho war ganz aus Eisen konstruiert. Fufsboden, Treppen und Dach waren aus Gufseisen hergestellt und zwar waren die Fufsböden und Treppen, wie Fischer versichert, durchaus nicht glatt, sondern fein gewürfelt wie Teppiche, mit schwarzer Farbe angestrichen und äufserst reinlich gehalten [1]).

Die Verwendung des Eisens beim Schiffsbau war in fortwährender Zunahme begriffen, und man hatte bereits begonnen, Schiffe ganz aus Eisen zu bauen. Der erste, der dies ausgeführt hatte, war der berühmte John Wilkinson von Broseley im Jahre 1787. Dieses Schiff wurde zu Willey in Shropshire erbaut und fuhr als Frachtschiff auf dem Severn.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts wurde ein zweites eisernes Schiff, der Vulkan, zu Falkine am Monkland-Kanal bei Glasgow gebaut.

1822 erbaute die Horseley-Gesellschaft ein gröfseres Eisenschiff, „Aaron Manby", dasselbe wurde in Teilen nach London gefahren, dort zusammengesetzt und fuhr von dort unter des späteren Admiral Napiers Leitung nach Havre und Paris.

Von aufserordentlichem Einflufs auf den Eisenverbrauch und auf die Eisenindustrie war ferner der grofse Aufschwung im Maschinenbau, namentlich die Verbesserungen der Dampfmaschine und die Erfindung der Dampfschiffahrt.

Mit Eifer bemühten sich Mechaniker um die Verbesserung der Dampfmaschine, was sie jetzt um so mehr konnten, als seit dem Jahre 1800 Watts Patent erloschen war. Besonders waren höhere Dampfspannung und die Ausnutzung der Expansion Forderungen der Zeit. Watt hatte zwar schon 1769 die Hochdruckmaschine ohne Kondensation in seinem Patent mit einbegriffen. Er war aber nie dazu gekommen, dieses Prinzip auszubeuten; seine Niederdruckmaschinen mit Kondensation erfreuten sich allgemeinen Beifalls, und so war er nur auf Verbesserung dieser bedacht. Die ersten brauchbaren Hochdruckmaschinen hatte Evans in Nordamerika gebaut; 1801 setzte er mit einer solchen eine Getreidemühle in Bewegung, wobei er eine Spannung von über 6 Atmosphären anwendete und den Dampf bei $^1/_3$ bis nur $^1/_6$ des Kolbenweges absperrte.

---

[1]) Fischer, Tagebuch, a. a. O., S. 63.

Digitized by Google

In England nahmen zuerst Trevithiek und Vivian 1802 ein Patent auf eine Hochdruckmaschine und führten ihre doppeltwirkenden, eincylindrischen Maschinen auch wirklich aus.

Arthur Woolf griff die Idee Hornblowers vom Jahre 1781, zwei miteinander verbundene Cylinder von ungleicher Weite anzuwenden, wobei der stark gepreſste Dampf erst auf den Kolben des kleinen Cylinders, der expandierte auf den Kolben des groſsen Cylinders wirkte, wieder auf und lieſs sich 1804 dieses Prinzip patentieren; 1805 und 1810 erhielt er zwei weitere Patente. Er wendete hohe Dampfspannung an und legte gröſsere Sorgfalt auf vollständige Dichtung der Kolben. 1815 baute er eine groſse Maschine nach seinem Prinzip auf einem Bergwerk in Cornwall. Der groſse Cylinder hatte 53 Zoll Weite und einen fünfmal so groſsen Inhalt als der kleine. Sie bewährte sich ausgezeichnet und übertraf in Bezug auf Kohlenersparnis und Leistung die gleich starken Wattschen Maschinen. Dadurch kamen die Woolfschen Hochdruckmaschinen mit zwei Cylindern (Woolfs double cylinder expansion engines) rasch in Aufnahme. Ihr Nutzeffekt im Vergleich zu den Wattschen Kondensationsmaschinen betrug 3 zu 2.

In Frankreich wurden diese Maschinen unter dem Namen Edwards-Maschinen bekannt, weil ein Mechaniker Edwards 1815 darauf ein Patent in Frankreich genommen und dieselben eingeführt hatte.

Ein weiteres Bestreben der englischen Mechaniker ging dahin, den Balancier los zu werden und die Maschine direkt wirkend zu machen. Cartwright hatte das schon 1797 versucht, 1802 konstruierte Murray eine Maschine nach diesem Prinzip. Beide Maschinen hatten keinen Erfolg. Die praktische Durchführung des Prinzips gelang erst dem berühmten Maschinenbauer Henry Maudslay in London (Patent vom 23. Juni 1807), dessen vortreffliche und elegante Maschinen groſsen Beifall und allgemeine Verbreitung fanden.

Murdock hatte bereits 1785 eine kleine Maschine mit schwingendem oder oscillierendem Cylinder konstruiert, durch deren hohle Drehachsen der Dampf ein- und ausströmte. Durch diese Anordnung kamen die Lenkstangen ganz in Fortfall. Trevithick versuchte dieselbe Anordnung bei seiner Hochdruckmaschine, und 1808 konstruierte der Amerikaner French eine oscillierende Maschine zur Bewegung eines Dampfschiffes. Aber erst Anfang der 20er Jahre fanden diese Maschinen durch die Verbesserungen von Cavé in Frankreich (1820) und Manby in England (1821) erfolgreiche Anwendung. Saulnier in Paris konstruierte direktwirkende Maschinen nach Maudslays

Digitized by Google

Prinzip mit Hochdruck, deren vertikaler Dampfcylinder auf einer horizontalen Fundamentalplatte aufgeschraubt war. Diese Anordnung bewährte sich namentlich für kleinere Betriebe und wurde zuerst von Dawes in England (1816) und später von verschiedenen Mechanikern weiter ausgebildet.

Dampfmaschinen mit horizontalem Cylinder baute zuerst Symington 1801; 1823 wendete Perkins dieselben bei seinen Hochdruckmaschinen an, doch bestand noch ein allgemeines Vorurteil gegen die horizontalen Dampfmaschinen, weil man behauptete, dieselben seien nicht dicht zu halten, und der Kolben arbeite den Cylinder aus. Erst seitdem Stephenson horizontale Cylinder bei seinen Lokomotiven angewendet hatte, schwand dieses Vorurteil und führte zu den verbesserten Konstruktionen, welche die Horizontalmaschine zu der beliebtesten Anordnung der Dampfmaschine gemacht haben.

Das Bestreben, die Dampfmaschine zur Fortbewegung der Schiffe zu benutzen, ist so alt wie die Dampfmaschine selbst[1]). In der von der Royal Society in London veröffentlichten Schrift Papins von 1681 ist bereits der Vorschlag, Schiffe mittels Dampfkraft zu bewegen, enthalten. Es war dies ein Lieblingsproblem Papins, welches ihn viel beschäftigte, und der tragische Zusammenbruch seines Glückes hängt ja mit der Zerstörung des ersten von ihm gebauten Dampfschiffes durch eifersüchtige Schiffer auf der Weser bei Minden zusammen. Auf dieses Schiff mit Ruderrädern, welche durch seine Dampfmaschine bewegt wurden, hatte er seine ganze Hoffnung gesetzt, die in so brutaler Weise vernichtet wurde. Auch Savery hatte in seiner Schrift: Navigation improved or the art of rowing ships of all rates in calms etc., in welcher ein Räderschiff beschrieben und abgebildet ist, auf die Möglichkeit, seine Dampfmaschine zur Fortbewegung zu benutzen, hingewiesen, ohne dafs er sich indessen um die Ausführung je bemüht zu haben scheint.

1736 hatte Jonathan Hull ein Patent auf die Anwendung der atmosphärischen Dampfmaschine zur Fortbewegung von Schiffen durch Ruderräder genommen, doch wissen wir nicht, dafs sein Projekt im grofsen ausgeführt oder angewendet worden ist. Die ersten Versuche mit Dampfschiffen im grofsen wurden in Frankreich ausgeführt, und zwar 1775 von Auxiron und von Konstantin Perrier, doch liefen ihre Schiffe viel zu langsam. Mehr Erfolg hatte

---

[1]) Siehe Woodcroft, a sketch of the origin and progress of Steam Navigation etc., London 1848; Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, Bd. IV, S. 1 etc.

Digitized by Google

der Marquis Claude Jouffroy, der 1783 mit seinem Dampfboot auf der Saône bei Lyon sogar einige Zeit gegen den Strom anfahren konnte. Allein die Regierung gewährte ihm nicht die erbetene Unterstützung, und so blieb Jouffroys Erfindung ohne weitere Folgen.

Das erste fahrbare Dampfschiff in Grofsbritannien erbauten Patrick Miller und Wil. Symington. Miller, ein reicher Privatmann in Edinburg, hatte sich aus Liebhaberei mit Verbesserungen des Schiffsbaues beschäftigt. 1787 hatte er ein Doppelboot mit Ruderrädern, welche durch Handhaspel bewegt wurden, erbauen lassen. Mit diesem blieb er bei einer Wettfahrt mit einem schnellsegelnden Boot Sieger. Dieser Erfolg spornte ihn zu weiteren Verbesserungen an. Er trat mit dem Bergwerksmechaniker W. Symington in Verbindung, welcher ihm eine kleine Dampfmaschine zur Bewegung der Räder seines Bootes anfertigen sollte. Symington baute ein kleines Maschinchen von 4 Zoll Cylinderdurchmesser und von einer Pferdekraft und betrieb damit Millers Doppelboot am 14. Oktober 1788 auf einem kleinen See bei Millers Landhaus zu Dalswinton in Dumfrieshire. Dieses war die erste Dampfschiffahrt in Grofsbritannien. Beide verbanden sich nun zur Erbauung eines gröfseren Dampfbootes. Symington baute eine zweicylindrige Dampfmaschine mit 18zölligen Kolben, welche 12 Pferdekräfte leisten sollte. Das Dampfschiff wurde 1789 fertig und auf dem Clydekanal in Betrieb gesetzt. Leider brachen aber die Schaufeln der Räder, was Miller, der dies vorausgesagt hatte, so verdrofs, dafs er nichts weiter mit der Sache zu thun haben wollte.

Auch Josef Bramah hatte sich mit der Idee der Erbauung eines Dampfschiffes, und zwar statt mit Schaufelrädern mit einer Schraube, wofür er 1785 ein Patent nahm, beschäftigt. Er beschreibt dieselbe folgendermafsen: „Statt des Schaufelrades kann man ein geneigtes Fächer- oder Flügelrad, ähnlich dem Windrad an einem Schornstein oder den Segeln einer Windmühle nehmen, welches, an einer Welle befestigt, sich ganz unter Wasser dreht und je nach der Stellung und Neigung seiner Schaufeln das Schiff vorwärts- oder rückwärts treibt. Die Kraft wird proportional der Gröfse und Drehgeschwindigkeit des Rades sein . . . Der Apparat wird im oder über dem Sterne und dem Platze, wo das Steuerruder gewöhnlich ist, angebracht und seine Bewegung wird durch eine horizontale Spindel oder Welle, welche von der Maschine aus durch oder über das Hinterteil des Schiffes durchgeht, bewirkt."

Von der praktischen Ausführung der Erfindung ist aber nichts

Digitized by Google

bekannt. Dagegen hatten sich in Nordamerika zwei Männer mit diesem Problem beschäftigt, Fitch und Rumsey, welche beide 1788 Patente auf Dampfschiffe nahmen. J. Fitch hatte bereits 1783 ein kleines Boot mit Schaufelrädern durch eine Dampfmaschine auf dem Delaware zu bewegen versucht. 1787 brachte er sein erstes, mit einer Schraube als Propeller hergerichtetes Boot zu stande. Am 28. Mai bewilligte die Legislatur von Pennsylvanien dem J. Fitch „das alleinige Recht und die Vorteile, das Dampfboot, welches er kürzlich erfunden, eine bestimmte Zeit lang zu machen und zu benutzen". Mit diesem Dampfboot „Perseverance" machte er am 1. Mai 1787 die Probefahrt auf dem Delaware. Rumseys Boot wurde erst Ende 1788 fertig. Er benutzte das von Daniel Bernouilli vorgeschlagene Mittel, die Reaktion des aus Röhren ausströmenden Wassers zur Fortbewegung zu verwenden. Rumsey hatte eine grofse Gesellschaft zur Ausbeutung der Erfindung zusammengebracht, an deren Spitze kein Geringerer als Benjamin Franklin stand. Leider gerieten aber Rumsey und Fitch in einen Patentstreit, welcher die Unternehmungen beider lähmte. Rumsey begab sich nach England, um dort seine Erfindung auszubeuten, als aber 1793 sein Schiff eben fertig war, starb er. Es soll gegen Wind und Flut mit einer Geschwindigkeit von fünf Knoten in der Stunde gelaufen sein.

Im Jahre 1800 beschlofs in England die Forth- und Clyde-Kanal-Gesellschaft, ein Dampfschleppschiff zu erbauen. Ihr Vorsitzender, Lord Dundas, bewilligte beträchtliche eigene Mittel zur Durchführung der Versuche und berief Symington, der seit seinem Konflikt mit Miller unthätig in der Sache geblieben war. Er erbaute ein Dampfboot, welches den Namen „Charlotte Dundas" erhielt. Es war mit einer doppeltwirkenden Wattschen Dampfmaschine ausgerüstet, welche ein Ruderrad am Hinterteil des Schiffes nach Millers Plan bewegte. Mit diesem Dampfschiffe schleppte Symington im März 1802 zwei Kanalboote und zwar zu einer Zeit, wo andere Schiffe wegen widrigen Windes nicht fahren konnten, mit einer Geschwindigkeit von $3^1/_4$ engl. Meilen in der Stunde. Symington gebührt das Verdienst, die praktische Verwendbarkeit der Dampfmaschine zuerst erwiesen zu haben. Aber auch sein Erfolg war kein durchschlagender, denn, obgleich auf Lord Dundas' Empfehlung der Herzog von Bridgewater acht Schleppdampfschiffe für seinen Kanal bestellte, so kam durch den 1803 erfolgten Tod des Herzogs die Sache wieder ins Stocken, und selbst die „Charlotte Dundas" blieb unbenutzt.

Inzwischen verfolgte man das Problem der Dampfschiffahrt in den

Digitized by Google

Vereinigten Staaten von Amerika unausgesetzt. Bei der Unwegsamkeit des Landes und der Stärke der Ströme war eine Schiffahrt gegen den Strom von viel gröfserer Wichtigkeit, als in England oder Frankreich.

1804 erbaute J. Stevens ein Dampfschiff, dessen Propeller eine Schraube war, und Oliver Evans konstruierte ein Dampfschiff zur Reinigung der Docks in Philadelphia.

Beide Versuche blieben erfolglos. Endlich gelang es Robert Fulton, die Aufgabe zu lösen. Das Interesse an der Sache hatte Rumsey in ihm erweckt, der den talentvollen Mann in seiner Jugend unterstützt hatte. Von grofsem Nutzen für Fulton war ein längerer Aufenthalt in Paris auf Veranlassung seines Landsmannes Barlow. Der Gedanke, das Meer zum freien Handelswege aller Nationen zu machen, erfüllte ihn so sehr, dafs er ihn (1796) zu seinem Wahlspruch erkor in der Sentenz: the liberty of the Sea will be the happiness of the Earth. Er beschäftigte sich damals hauptsächlich damit, ein Taucherschiff (Nautilus) und unter Wasser explodierende Bomben (Torpedos) zur Zerstörung feindlicher Kriegsschiffe zu konstruieren; doch fand diese wichtige Frage der Küstenverteidigung und des Seekrieges nur geringe Beachtung, und Fultons Vorschläge wurden wiederholt, sowohl von der französischen, wie der holländischen Regierung abgewiesen.

Um diese Zeit war Robert Livingstone als amerikanischer Gesandter nach Paris gekommen. Dieser hatte sich seit 1797 bemüht, eine Dampfschiffahrt auf dem Hudson einzurichten. Er trat mit Fulton in Verbindung und gab ihm die Mittel zur Erbauung eines Dampfschiffes. 1803 hatte Fulton sein erstes Boot vollendet und auf der Seine laufen lassen. Es fuhr aber zu langsam. Da der Krieg von neuem ausbrach und die Kommission, welcher Napoleon die Vorschläge Fultons unterbreitet hatte, dieselben für unausführbar erklärte, so verliefs Fulton Frankreich und begab sich im Mai 1804 nach England, wo er den Minister Pitt für seine Erfindungen zu gewinnen suchte. Pitts früher Tod (1806) durchkreuzte seine Pläne und veranlafste ihn, im Dezember 1806 nach Amerika zurückzukehren. Hier gelang es ihm mit Livingstones eifriger Unterstützung bald, ein vollständig brauchbares Dampfboot zu stande zu bringen, zu dem er vor seiner Abreise von England die Dampfmaschine bei Boulton und Watt in Soho bestellt hatte. Schon am 7. Oktober 1807 machte Fultons Dampfschiff seine erste Fahrt auf dem Hudsonflusse von New-York nach Albany und legte den 120 engl. Meilen

Digitized by Google

langen Weg stromaufwärts in 32, stromabwärts in 30 Stunden zurück, entsprechend einer Geschwindigkeit von vier Knoten die Stunde. Der „Clermont“, wie das Schiff nach Livingstones Wohnsitz benannt wurde, hatte 42,67 m Länge und 4,57 m Breite, 2,25 m Höhe und 0,61 m Tiefgang.

Nach der Versuchsfahrt wurde der „Clermont“ sofort als Passagierboot zwischen New-York und Albany eingestellt. Es bewährte sich vortrefflich, und hiermit war die Dampfschiffahrt praktisch geworden.

Fünf Jahre später, also 1812, gab es bereits über 50 in Nordamerika erbaute Dampfschiffe. 1812 wurde die wichtige Dampfschifffahrt auf dem Mississippi durch das Boot „New-Orleans“ eröffnet. 1813 ging man von der flachen Bauart ab und baute den „Fulton“ von 40,54 m Länge und 8,84 m Breite nach der Form der besten Segelschiffe. Die Geschwindigkeit dieses Schiffes erreichte dadurch 6,4 Knoten. Das erste Schiff, welches über den Atlantischen Ocean fuhr, war die in New-York für die Linie New-York, Liverpool, St. Petersburg erbaute „Savannah“, im April 1818. Sie war mit Segeln ausgerüstet und vollendete die Fahrt bis Liverpool in 26 Tagen, indem sie nur während 18 Tagen unter Dampf fuhr. Die Amerikaner erreichten es aber bald, die Fahrzeit zu verringern. 1823 besafs Nordamerika bereits über 300 Dampfer.

In England baute Bell zu Helensburg am Clyde 1812 das erste regelmäfsige Passagierschiff, den „Komet“, mit dem er anfangs im Clydekanal, später auch auf dem Ozean fuhr; diesem folgte Thomson mit seinem Dampfboot „Elisabeth“, welches am 9. Mai 1813 seine erste Fahrt machte, und am 8. Juni schon begann ein drittes Dampfschiff, Robertsons „Clyde“, seine Fahrten in dem Kanal. 1814 liefs Robertson bei James Smart in Dundee das Dampfschiff „Caledonia“ erbauen und mit einer Dampfmaschine eigener Konstruktion ausrüsten. Dieses Schiff machte zwischen Hull und Gainsborough die ersten regelmäfsigen Fahrten zur See in Europa. Über das offene Meer fuhr zuerst das 1814 in Betrieb gesetzte Dampfboot „Margary“ von Anderson und Cobbin. Es war dies auch das erste Boot, welches regelmäfsige Fahrten auf der Themse bei London machte. 1818 wurde die erste regelmäfsige Dampferlinie von Greenock nach Belfast mit dem von David Napier in Glasgow erbauten Rob Roy eröffnet.

Ende 1815 gab es in England und Schottland bereits 20 Dampfschiffe, 1823 über 160.

Digitized by Google

Die ersten Dampfschiffahrten auf dem Rheine wurden 1816 von englischen Schiffen ausgeführt, und zwar ging zuerst das Boot „Defiance“ von Margate aus nach Rotterdam und später von da nach Köln, wo es am 12. Juni 1816 eintraf. Auf der Elbe begann das schottische Schiff „Lady of the Lake“ am 17. Juni 1816 regelmäfsige Fahrten von Hamburg nach Cuxhafen. Die Donau wurde erst von 1830 an mit Dampfbooten befahren.

1817 erlebte der greise Watt noch die Freude, mit einem Dampfschiff der Caledonia über das Meer den Rhein herauf bis Koblenz zu fahren. Die erste konzessionierte Dampfschiffahrtsgesellschaft am Rhein war die 1823 gegründete Nederlandsche Stromboot Maatschappy in Rotterdam, welcher 1826 die Kölnische oder Preufsisch-Rheinische Dampfschiffahrtsgesellschaft folgte. Die ersten Dampfschiffe waren von Holz, in Holland und an der Ruhr gebaut, bis 1838 mit dem Bau eiserner Schiffe begonnen wurde. Die für die Düsseldorfer Gesellschaft von Ditchham in London erbaute Victoria war das erste bleibende Muster eines Glattdeckschiffs auf dem Rhein. Es war 56,4 m lang, 7,05 m breit, 2,90 m hoch und hatte 1 m Tiefgang. Welche Fortschritte hat der Bau der Dampfschiffe seit jener Zeit gemacht!

Werkzeugmaschinen 1801 bis 1815.

Grofse Fortschritte machten in dieser Zeit auch die Metallbearbeitungsmaschinen oder Werkzeugmaschinen. Dafs diese hauptsächlich, ja fast ausschliefslich in England gemacht wurden, ist natürlich, weil dort die Maschinenfabrikation, welche höhere Anforderungen an exakte Arbeit stellte, zu Hause war. Das gröfste Verdienst gebührt Henry Maudslay, der, als Sohn eines Arbeiters in dem Arsenal von Woolwich am 22. August 1771 geboren, früh grofses mechanisches Geschick verriet und in den grofsen Werkstätten die beste Gelegenheit hatte, dasselbe auszubilden. Er kam erst als Lehrling in die Schreinerei, da er aber eine entschiedene Vorliebe für das Eisen hatte, bald darauf in die Schmiede, wo er sich zu einem vortrefflichen Feuerarbeiter ausbildete. Später kam er zu Josef Bramah, dem Erfinder des nach ihm benannten Sicherheitsschlosses und der hydraulischen Presse, welcher damals eine Musterwerkstätte in Picadilly hatte. In kurzer Zeit schwang sich der junge Harry zum Vorarbeiter auf, denn keiner verstand die sorgfältige, skrupulöse Bearbeitung der feinen Schlofsteile des künstlichen Bramahschlosses, wie er. An dieser Arbeit entwickelte sich sein Genie. Er sah ein, dafs Menschenhände

Digitized by Google

allein nie die absolute Genauigkeit und Gleichmäfsigkeit, welche Haupterfordernis für die feinen Teile war, erreichen würde, dafs dafür mechanische Vorrichtungen notwendig seien. Dies führte ihn zur Erfindung des Drehbanksupports. Nachdem er 1797 seine eigene kleine Werkstatt in Wells Street, Oxford Street, wo er mit einem Gehilfen arbeitete, eingerichtet hatte, arbeitete er an der Vervollkommnung der Drehbank. Selbstthätige, sich selbst regulierende Werkzeugmaschinen, das war das grofse Ziel, das er erstrebte, und dafs er in der Paralleldrehbank mit Support und Selbstgang, welche man 50 Jahre und mehr als „englische Drehbank" bezeichnete, erreichte.

Diese Drehbank mit genauer Parallelbewegung des Drehstahls mit der Drehachse wurde das wichtigste Werkzeug der Eisenbearbeitung, das erste Werkzeug jeder Maschinenfabrik. Allerdings hatten französische Mechaniker[1]) schon früher bei der Holzdrehbank die Parallelbewegung angebracht, aber ihre Vorrichtung, von der sich eine Beschreibung in der Encyklopädie von 1772 findet, war so kompliziert und so wenig für schwere Eisendrehbänke anwendbar, dafs Maudslays einfacher Support (slide-rest) unbedingt als eine neue Erfindung anzusehen ist. Maudslays praktischer Support fand überall raschen Eingang, obgleich man ihn anfangs spottweise „Maudslays Go-cart" nannte. Er fand Eingang in allen Maschinenfabriken und erwies sich ebenso geeignet für feine, wie für grobe Arbeit. Eine grofse Steigerung der Leistungsfähigkeit der Maschinenfabriken und billigere Arbeit waren die unmittelbaren Folgen der Erfindung. Man kann sagen, die moderne Maschinenfabrikation begann mit der englischen Drehbank. Die Dampfmaschine verdankte ihre Vervollkommnung den verbesserten Werkzeugmaschinen.

Maudslays Ruf verbreitete sich rasch, namentlich auch durch die vortrefflichen Holzbearbeitungsmaschinen, welche er für Marc Isambard Brunel zur Herstellung von Schiffsrollen gefertigt hatte. Seine Werkstätte, die er schon zuvor vergröfsert hatte, wurde viel zu klein, und so baute er die grofse Maschinenfabrik am Westminster Road, Lambeth, welche bald Weltruhm erlangte. 1810 wurde dieselbe bezogen. Maudslay erwarb sich auch grofse Verdienste um die Verbesserung der Dampfmaschine, wofür er 1807 ein Patent erhielt. Seine Dampfmaschinen, welche wegen ihrer Bauart

[1]) De la Hire, De la Condamine, Grandjean, Morin, Plumier, Bergeron.

Digitized by Google

Pyramidenmaschinen genannt wurden, bildeten den Anfang der direkt wirkenden Maschinen.

Ebenso wendete er seine Thätigkeit den Schiffsmaschinen zu, und der „Regent", das erste Dampfschiff, welches 1816 den regelmäfsigen Verkehr zwischen London und Margate eröffnete, war mit Maudslays Maschinen ausgerüstet. Eine weitere Erfindung war eine Lochmaschine für Kesselbleche, welche den Dampfkessel- und Schiffsbau aufserordentlich förderte. Der Preis des Lochens sank dadurch von 7 Shilling auf 9 Pence.

Unablässig arbeitete Maudslay an der Verbesserung der Drehbank, welche nach seiner Ansicht das Hauptwerkzeug und die Seele der Maschinenbearbeitung war. Er baute Bänke mit 9 Zoll dicken Spindeln, welchen er durch Vorgelege verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeit geben konnte. Er konstruierte ferner Prismadrehbänke, mit denen er sehr grofse Stücke bearbeiten konnte. Er verbesserte das Schraubenschneiden, welches bis dahin fast ausschliefslich und sehr mangelhaft mit der Hand ausgeführt worden war, während er seine Drehbank dazu benutzte. Er führte zuerst Normalgewinde ein und steuerte dadurch der planlosen Unordnung, welche bis dahin auf diesem Gebiete herrschte. Eine seiner ersten Schraubenschneidbänke war mit Leitspindel und Vorgelege versehen, wie sie Whitworth später anwendete; sie schnitt Schrauben von grofsem Durchmesser und jeder beliebigen Gangart. Er schnitt damit eine Schraube von 5 Fufs Länge und 30 Windungen auf den Zoll; die Mutter war 12 Zoll lang und enthielt 600 Windungen. Diese Schraube diente für eine Teilmaschine für astronomische Zwecke, deren Teilstriche so fein waren, dafs sie nur mit Hilfe von Vergröfserungsgläsern gesehen werden konnten.

Es ist natürlich, dafs Maudslay, der mit demselben Eifer wie in seiner Jugend bis an sein Ende fortfuhr zu arbeiten, durch sein Beispiel und seine vortrefflich eingerichtete Werkstätte ein vorzüglicher Lehrer für praktische Ingenieure geworden ist. Die berühmtesten Maschineningenieure, darunter Whitworth und Nasmyth, gingen aus dieser Schule hervor.

Nach der Erfindung der Eisendrehbank lag die der Eisenhobelbank sozusagen in der Luft. 1802 hatte Josef Bramah bereits ein Patent genommen für eine Hobelmaschine zur Holzbearbeitung, um, wie es in der Patentbeschreibung heifst, gerade, glatte und parallele Flächen auf Holz und anderem Material, wobei Genauigkeit verlangt wird, zu erzeugen, und zwar in viel

Digitized by Google

vollkommener Weise, als es mit Axt, Säge, Hobel und anderen Schneidwerkzeugen, welche von der Hand bedient werden, geschehen kann.

Auf Grund dieses Patentes wurde eine Holzhobelmaschine im Arsenal zu Woolwich angefertigt, welche 50 Jahre später noch im Betriebe war.

Die erste Eisenhobelmaschine soll James Fox, der Gründer einer berühmten Maschinenfabrik in Derby, 1814 gebaut haben. Sie war nach demselben Prinzip, aber komplizierter als die jetzt gebräuchlichen Eisenhobelbänke konstruiert[1]). Öfter wird Matthew Murray zu Leeds als der eigentliche Erfinder der modernen Drehbank bezeichnet, dessen erste Hobelmaschine ebenfalls bereits 1814 arbeitete. Ferner erwarb sich Richard Roberts von Manchester um die Verbesserung der Hobelmaschine (1817) Verdienste. Ihre eigentliche Vollendung erhielt die englische Hobelbank, bei welcher der Meifsel feststeht und das Arbeitsstück unter ihm durchgeht, durch Josef Clement in London in den Jahren 1820 bis 1825.

Noch viele andere Erfindungen und Verbesserungen von Werkzeugen zur Eisenbearbeitung fallen in diese Zeit, die wir nicht alle anführen können. Eine Feilmaschine, welche durch einen hin- und hergehenden Meifsel wirkte, erfand von Reichenbach zwischen 1804 und 1818. Die erste Blechbiegmaschine, ein Walzwerk mit drei Cylindern, erfand John Ford 1815. Verbesserte Cylinderbohrmaschinen erfand Billingsley 1803, dessen Vertikalmaschine im Journal für Fabrik, Manufaktur etc., 1803, S. 134, beschrieben und Tab. II. abgebildet ist. John Dixon verbesserte die horizontalen Cylinderbohrmaschinen, ebenso Breithaupt in Kassel 1807. Eine Kreisschere brachte der Engländer James White unter einem Satz Maschinen zur Nägelfabrikation bereits 1811 nach Paris. Um diese Zeit bediente man sich auch schon in Creusot der Kreisschere zum Blechschneiden, und 1814 machte Mollard eine verbesserte Konstruktion bekannt.

Maschinennägel machte Perkins in Amerika 1795 und Road ebendaselbst 1811. 1809 bestanden schon Maschinennägelfabriken in Birmingham. 1790 bis 1852 wurden in England 50 Patente für Maschinennägelfabrikation genommen. In Österreich legte 1815 Schafzahl in Gratz eine Nagelfabrik an. Seine Maschinen hatte er nach den Angaben eines Uhrmachers Schmidt gebaut.

---

[1]) Siehe Smiles, Industrial biographies, p. 259.

Digitized by Google

Um diese Zeit kam auch die Drahtstiftenfabrikation auf, welche lange Zeit hindurch ihren Sitz in Paris hatte. 1811 erhielt James White zu Paris das erste französische Patent darauf; ihm folgte 1816 Deguet ebendaselbst.

Eine wichtige Neuerung für den Eisenverbrauch in England war die Einführung von Schiffsketten an Stelle der allgemein angewendeten Hanfseile. Dieselbe war bereits 1634 von Philipp White vorgeschlagen worden, später wieder 1791 von Collin Mackenzie und 1804 von John Slater. Die praktische Anwendung davon machte aber erst 1811 der Kapitän Samuel Brown auf dem Schiffe „Penelope". Seit dieser Zeit kamen sie zu allgemeiner Anwendung.

Geschweifste Rohre wurden ebenfalls fabrikmäfsig zuerst in England hergestellt, wo lange Zeit hindurch diese Fabrikation ausschliefslich betrieben wurde. 1808 erhielt Cook in Birmingham ein Patent dafür. Später (1811) machten James und Jones und 1812 Henry Osborne zu Birmingham Versuche, auf welche wir später noch zurückkommen werden.

Digitized by Google

Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern von 1801 bis 1815.

England 1801 bis 1815.

Von der Geschichte des Eisens der einzelnen Länder im 19. Jahrhundert können wir nur das Wichtigste kurz hervorheben.

England marschierte an der Spitze der Industrie. Wie sehr es hierin den übrigen Ländern der Erde vorausgeeilt war, wird durch die einfache Thatsache gekennzeichnet, dafs im Jahre 1810 in England 5000 Dampfmaschinen betrieben wurden, während man in Frankreich, trotz seiner erweiterten Grenzen, nur 200 zählte.

In England hatte die Steinkohle den vollständigen Sieg über die Holzkohle davongetragen. 1806 waren unter 161 im Betrieb befindlichen Hochöfen[1]) nur noch zwei Holzkohlenöfen. 97 Proz. des Roheisens wurde mit Koks erblasen. Die Produktion an Roheisen betrug damals 5 088 450 Ctr., was ungefähr dem dritten Teil der Gesamtproduktion aller civilisierten Staaten entsprach.

Wir haben wiederholt Gelegenheit gehabt, auf die Grofsartigkeit der englischen Eisenhütten hinzuweisen. Besonders waren es die gewaltigen Eisenwerke um Merthyr Tydvil in Südwales, welche seit Einführung des Puddelprozesses alle anderen überholt hatten. „Crawshays Eisenwerke von Cyfartha," schreibt Malkin in seinen Altertümern von Südwales 1803, „sind jetzt bei weitem die gröfsten des Königreichs. Er beschäftigt regelmäfsig über 2000 Arbeiter und macht im Durchschnitt jede Woche zwischen 60 und 70 Tonnen Stabeisen. Homfray macht ebenfalls nach mäfsiger Schätzung wöchentlich

[1]) Ein Aufsatz im Mining-Journal von 1854 giebt die Zahl der Hochöfen im Jahre 1806 auf 216 an. Ein anderer Aufsatz in den Annales des mines von 1827 (Ser. II, T. II) giebt die Zahl der Kokshochöfen im Jahre 1806 auf 227 an, wovon aber nur 159 im Betrieb gewesen seien, davon waren 52 in Wales, 42 in Staffordshire, 42 in Shropshire, 17 in Derbyshire, 28 in Wales, 18 in den Grafschaften Monmouth, Leicester, Lancaster, Cumberland und Northhumberland und 28 in Schottland.

Digitized by Google

mindestens 50 Tonnen Stabeisen, und wenn die im Bau begriffenen Vergrößerungen von Pennydarran beendet sein werden, wird er zum mindesten 80 Tonnen die Woche machen. Die Eisenwerke von Dowlais, welche Lewis und Tate gehören, sind in demselben großen Stil wie Pennydarran angelegt und werden eben in gleicher Weise vergrößert. Hill macht 30 Tonnen Stabeisen in der Woche, und da er sein Werk ebenfalls vergrößert, wird er bald wenigstens 40 machen. Mehr als 200 Tonnen gehen jetzt jede Woche den Kanal herunter nach dem Hafen von Cardiff, wo sie nach Bristol, London, Plymouth, Portsmouth und anderen Häfen verschifft werden, eine beträchtliche Menge geht auch nach Amerika. Man nimmt an, daß sie nach Verlauf eines Jahres 300 Tonnen wöchentlich verschiffen können. Die Zahl der Hochöfen zu Merthyr Tydvil beträgt etwa 16, wovon 6 zu Cyfartha gehören [1]." Crawshay hatte in dem englisch-französischen Kriege, der durch den Frieden von Amiens 1802 beendet wurde, in einem Jahre etwa 10000 Tonnen Stabeisen geliefert und dabei 50000 £ Reingewinn erzielt. 1812 gab Crawshay im Parlament seine Produktion auf jährlich 10000 Tonnen an. Eine solche Erzeugung war nur durch den Puddelproceß möglich, den Crawshay eingeführt und verbessert hatte. Fünf bis sechs englische Meilen von Merthyr wohnten auf dem Eisenwerke Sirhowy die beiden Hüttenbesitzer Fothergill und Monkhouse, welche 1802 ein neues großes Eisenwerk Tredegar bauten. Es sollte einen doppelten Hochofen, d. h. zwei Hochöfen in einem Rauhgemäuer und etliche 20 Puddelöfen bekommen. Das Werk hatte 2000 engl. Morgen Kohlenflötze von 5 Fuß und Eisensteinflötze von 6 bis 7 Zoll Mächtigkeit. Der Stollen mündete auf der Höhe der Ofengicht. Eine zwölf Meilen lange Eisenbahn führte zu dem Kanal von Monmouthshire, welcher elf Meilen lang war und bei Newport am Severn mündete. Man hatte eine Dampfmaschine von 72 Pferden und beabsichtigte eine Jahresproduktion von 7000 bis 8000 Tonnen Stabeisen.

Wie sehr der Bau von Kanälen die englische Eisenindustrie förderte, sieht man an dem Beispiel der genannten Werke in Südwales und noch mehr von denen in Monmouthshire. Dort war die uralte Eisenindustrie durch die Ausrottung der Wälder fast gänzlich zum Erliegen gekommen. Seitdem man aber gelernt hatte, die Erze mit Steinkohlen zu verhütten, fing man auch an, den reichen Erz-

[1]) Eine Beschreibung von Merthyr Tydvil und seinen Eisenwerken aus derselben Zeit (1802) findet sich auch in Svedenstjernas Reisebericht S. 50.

Digitized by Google

schätzen von Monmouthshire wieder Beachtung zuzuwenden. Wie wenig diese vordem geschätzt wurden, geht daraus hervor, dafs das ganze Erzrevier für 100 £ jährlich an eine Familie Hanbury in Pontypool verpachtet war. Damals wurden die Erze, die gefördert wurden, alle nach Pontypool gefahren. Nachdem die Pachtzeit abgelaufen war, wurden sie von neuem an Hill & Komp. verpachtet, welche 1788 den Bau einer Eisenhütte zu Bleanavon begannen. Später pachtete sie Graf Abergavenny. Der grofse Aufschwung begann aber auch hier erst nach der Einführung des Puddelprozesses und der Errichtung von Walzwerken. Während um 1785 nicht mehr wie 60 Tonnen Eisen die Woche in Monmouthshire und dem benachbarten Gebiet von Glammorganshire gemacht wurde, überstieg die Produktion im Jahre 1800 600 Tonnen, und während damals kein Schmiedeeisen fabriziert worden war, machte man jetzt über 300 Tonnen die Woche. Durch die Anlage des Monmouthshirekanals, welcher das Eisenerzrevier mit dem Severn verband, nahm die Eisenindustrie daselbst einen immer gröfseren Umfang an. 1802 wurden auf dem Kanal nur 1091 Tonnen Eisen verschifft, 1803 bereits 8680 Tonnen und 1804 20475 Tonnen. Von da ab stieg die Verschiffung ziemlich gleichmäfsig auf 34071 Tonnen im Jahre 1810 und auf 46207 Tonnen im Jahre 1815[1]). In Schropshire lagen die berühmten Eisenwerke Coalbrookdale und Brosley.

In Staffordshire war ebenfalls durch die Steinkohle eine grofsartige Eisenindustrie erblüht. Von Birmingham bis Wolverhampton erstreckte sich eine Reihe von Eisenhütten, darunter das berühmte Eisenwerk von John Wilkinson zu Bradley.

John Wilkinson, welcher die Dampfmaschine in die Eisenindustrie eingeführt und für alle Zweige der Eisentechnik dienstbar gemacht hat, der diese durch zahlreiche und wichtige Erfindungen gefördert und wie kein anderer an der Reform des Eisenhüttenwesens der Begründung der modernen Eisenindustrie gearbeitet hat, war kurz vor 1814 gestorben. Auf seinen Wunsch war er in einem auf seinem eigenen Werke gegossenen eisernen Sarg beigesetzt worden und über seiner Gruft erhob sich eine 400 Ctr. schwere eiserne Pyramide[2]). Da er keine männlichen Erben hatte, ging das riesige Werk, welches zur Zeit seines Todes 5000 Arbeiter beschäftigte, und

---

[1]) Siehe die ausführlichen Tabellen nach den einzelnen Hütten und den Eisensorten bei Scrivenor, a. a. O., S. 126, 127.

[2]) Siehe J. C. Fischer, Tagebuch einer im Jahre 1814 gemachten Reise über Paris nach London etc.

Digitized by Google

alle Zweige der Eisenindustrie, einschliefslich des Maschinenbaues, umfafste, an einen gewissen Ferryday über, der in seiner frühen Jugend ein gewöhnlicher Kohlenträger gewesen war.

Joh. C. Fischer beschreibt in seinem Reisebericht ferner die einem Herrn Gibbon gehörigen Level Ironworks als ein typisches Muster einer Staffordshirer Hütte im Jahre 1814.

„Drei nebeneinanderstehende Hochöfen von 42 Fufs Schachttiefe, deren jeder wöchentlich 70 bis 100 Tonnen Eisen lieferte, wurden durch einen einzigen Windcylinder von 9 Fufs Durchmesser und 9 Fufs Kolbenzug, der von einer 50 Pferde starken Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wurde, betrieben. Der Wind, der erst in einen grofsen Wasserregulator geleitet wurde, reichte nicht nur für die drei Hochöfen hin, sondern versorgte noch drei Feineisenfeuer (refining furnaces), jeder zu drei Düsen, welche sehr stark, fast wie bei den catalonischen Feuern, geneigt waren und über die ein dünner Wasserstrahl in das Feuer geleitet wurde, um durch das sich bildende Wasserstoffgas dem Eisen den Schwefel zu entziehen und es zum Frischen geschickter zu machen. Auf das jedesmal in Mengen von 20 Ctr. zu 2 Zoll dicken Platten abgezapfte Eisen wurde ebenfalls bis zu gänzlicher Erkaltung Wasser gelassen und es dann in Stücke zu 30 bis 40 Pfund, die im Bruch weifs waren und das Ansehen des Mockstahls hatten, zerschlagen. 200 Pfund dieses Eisens kamen dann in den „Puddling Furnace", den Frischflammofen. Dieser war mit einem 30 Fufs hohen Kamin verbunden, welcher durch einen Deckel oben geöffnet und geschlossen werden konnte, wie es die Arbeit erheischte. Das durch die Intensität des Feuers in kurzer Zeit in Flufs gebrachte Eisen wurde, unter Zutritt der äufseren Luft, durch die geöffnete Thür des Ofens umgerührt, bis es sich zerteilt hatte, dann wieder zusammengebracht, neue Hitze gegeben, wieder gewendet, etwas mit Wasser bespritzt, endlich im Ofen selbst während seines teigigen Zustandes in sechs Luppen geballt. Nachdem diese der Hitze und dem Zug der äufseren Luft noch einige Zeit ausgesetzt worden, wurden sie, eine um die andere, herausgenommen und unter den grofsen Hammer gebracht. Dieser Hammer, mit Stiel und Hülse aus einem Stück gegossen und etwa 12 bis 15 Ctr. schwer, hatte weder Wiederschlag (Reitel) noch Hammerstuhl; seine zwei ellipsoidischen Arme, die statt der Warzen angegossen waren, ruhten nur auf zwei eisernen Böcken. Er wurde durch eine Dampfmaschine vorn an der Stirn gehoben. Seine Form glich einem T, mit einer an dem Querstück fortlaufenden Fläche, die aber niedriger oder tiefer abgesetzt

Digitized by Google

war, als der übrige Teil der Bahn, so daſs, wenn sie auch auf den Amboſs gut aufging, doch immer ein hohler Zwischenraum von ungefähr 4 Zoll blieb, in welchem die Luppe, die, wenn der Streich ganz aufginge, zerplatzen würde, zuerst gebildet und zu einer kurzen Stange zusammengedrückt wurde. Auch war noch ein anderer Grund für die Vertiefung im Hammer der, daſs die Luppe, da der Hammer bloſs 5 Zoll Hub hatte, und dieselbe oft bis 8 Zoll dick war, sonst im Anfang nicht darunter gebracht werden konnte. War die Luppe hier zu einem länglich-breiten Stück von $3^1/_2$ auf $1^1/_2$ Zoll zusammengedrückt, so wurde es bloom genannt und kam in die bloomery, den Streck- und Schweiſsherd, ebenfalls im Flammofen. Hier wurden entweder mehrere Stücke zusammengeschweiſst, wenn groſse, schwere Stücke erforderlich waren, oder die einzelnen Stücke abgeschweiſst, daſs sie schön ganz wurden und dann unter die Walz- und Schneidwerke gebracht, wo in den allmählich abnehmenden Rinnen viereckige, runde und flache Stäbe gebildet wurden, sowie das Schneidwerk in einem Augenblick jedesmal einen Bund Stäbe von 9 Linien im Quadrat bis auf 2 Linien lieferte, je nachdem man es verlangte. Nur durch diese Vorrichtungen, die so ineinander greifen, daſs durchaus kein Zeitverlust statt hatte, war es möglich, das fertige kleine Eisen bei dem hohen Arbeitslohn in England, der wöchentlich für den allergeringsten Handlanger 15 Schillinge, für die meisten aber das Doppelte und mehr betrug, um 12 Schillinge den Centner zu verkaufen. Das englische Eisen war aber nicht allein wohlfeil, sondern es war durch angestrengte Bemühungen auch von vorzüglicher Güte geworden und zwar von dem Zeitpunkt an, wo der vor einigen Jahren, obschon nur kurz dauernde Krieg mit Schweden und Ruſsland das Eisen von Dannemora und Sibirien von den englischen Märkten ausgeschlossen hatte."

In Yorkshire waren Walkers Eisenwerk bei Sheffield und Dawsons Eisenwerk zu Wisbey, Low-Moor am bedeutendsten. Wir verdanken W. A. Lampadius[1]) eine Beschreibung derselben. Danach hatte Walkers Eisenwerk, wo die gröſsten Kanonen gegossen wurden, drei Hochöfen, jeder 47 Fuſs hoch und 4 Fuſs in der Gicht weit. Man schmolz roten Glaskopf von Cumberland und grauen Eisenstein von Yorkshire. Der Satz bestand aus $^1/_{10}$ rotem Glaskopf, $^1/_{20}$ geröstetem Yorkshire-Eisenstein, $^1/_{20}$ Kalk und $^1/_6$ Koks, der in Meilern bereitet war. Wurden Öfen und gewöhnliche Guſswaren gegossen, so

[1]) Siehe Neues Journal für Fabriken etc. 1810, Bd. III, S. 161.

Digitized by Google

erzeugte man in 24 Stunden 6 Tonnen Gufseisen in einem Ofen; beim Kanonengufs, wozu besseres Eisen erforderlich war, das längere Zeit im Ofen verblieb, nur 3 bis 4 Tonnen. Dawsons Eisenwerk hatte 4 Hochöfen von 38 bis 50 Fufs Höhe, 4 Stabeisenhämmer, 2 grofse Glühöfen, 4 Kupolflammöfen und 4 Schachtöfen von 9 Fufs Höhe zum Gufs von Kanonen und feinen Waren, 1 Schneidwerk, 1 Schleifmühle u. s. w. Eine Dampfmaschine trieb zwei grofse Hämmer, eine andere das Schneidwerk. Vier Wassergöpel besorgten das Aufziehen der Gichten. Ein oberschlächtiges Wasserrad trieb die Kanonenbohrmaschinen. Eine dritte Dampfmaschine pumpte das Wasser wieder zurück in das Flutgerinne. Zwei weitere Dampfmaschinen trieben das grofse Cylindergebläse und eine sechste Dampfmaschine bewegte eine Mörser-, Dreh- und Bohrmaschine. Man schmolz Kohleneisenstein, der in Röstöfen mit Steinkohlen geröstet wurde. Die Gicht bestand aus 460 Pfd. Koks, 960 Pfd. Eisenstein und 320 Pfd. Kalkstein. In 24 Stunden gab man 45 bis 50 Gichten auf und erzeugte 5 Tonnen Roheisen. Die Hochöfen wurden einfach geblasen, nur der von 50 Fufs Höhe hatte von zwei Seiten Wind. Die Öfen waren rund, das Gestell 6 Fufs hoch und 2 Fufs weit, ohne Rast, im Kohlensack 11 Fufs, in der Gicht 4 Fufs weit. Das bessere Eisen wurde zu Kanonen vergossen, das geringere im Feinfeuer umgeschmolzen und in zwei Puddelöfen gefrischt.

Wenn man grofse Geschütze oder sonstige schwere Stücke zu giefsen hatte, stach man die vier Hochöfen, vier „Kupolos“ (Flammöfen) und die vier kleinen Schachtöfen, die alle in einer Linie unter einem Dache standen, gleichzeitig ab und konnte dann Stücke von 720 Ctr. und mehr giefsen.

Von schottischen Hüttenwerken erwähnen wir das damals einem Herrn Edington gehörige Clyde-Eisenwerk mit drei Hochöfen von 31 Fufs Höhe. Diese Öfen waren im Gestell wie im Schacht viereckig. Das Gestell war 6 Fufs hoch und $2^1/_6$ Fufs weit. Der Ofen wurde von zwei Seiten durch horizontale Düsen geblasen und erhielt 350 Kubikfufs Luft in der Minute, welche ihm durch ein starkes Cylindergebläse von 66 Zoll Durchmesser und 6 Fufs Hub zugeführt wurden. Der Gebläsekolben wurde durch eine doppeltwirkende Dampfmaschine von Boulton und Watt bewegt. Der Wind trat in einen Wasserregulator, dessen Wasserbehälter von Stein gemauert war, während der darinstehende Cylinder von Gufseisen war. Die drückende Wassersäule hatte 8 Fufs Höhe.

Ein Ofen schmolz 2 bis $2^1/_2$ Tonnen in 24 Stunden. Für eine

Digitized by Google

Tonne Eisen waren 6 Tonnen Koks, 3 Tonnen Eisenstein und 18 Ctr. Kalkstein erforderlich.

Die schottische Hochofenindustrie entwickelte sich in ähnlicher Weise, wenn auch weniger rasch als die englische. 1806 produzierten 18 Hochöfen 22840 Tonnen Roheisen, welches damals mit 7 £ pro Tonne bezahlt wurde. Seit Anfang des Jahrhunderts begann ein grofser Aufschwung. 1800 erbaute William Dixon das grofsartige Calder-Werk mit sechs Hochöfen und 1810 errichtete der Gutspächter Alexander Baird den ersten Hochofen zu Gartsherrie. Ein wichtiges Ereignis, das allerdings erst in einer späteren Periode zur vollen Wirkung kam, war die Entdeckung des als „Blackband" bekannten Kohleneisensteins von Mushet im Jahre 1800. Dieses schwarze Gestein, das die gröfste Ähnlichkeit mit der Steinkohle hat und mit dieser wechsellagert, war bis dahin als unnütze Verunreinigung auf die Halde gestürzt worden. Mushet erkannte es als ein wertvolles Eisenerz und veröffentlichte seine chemische Zusammensetzung. Diese unscheinbare Substanz hat viel zu Schottlands Wohlstand beigetragen.

Die Eisenproduktion Grofsbritanniens hatte sich in den 10 Jahren von 1796 bis 1810 verdoppelt. Sie betrug im Jahre

1800	156000	Tonnen
1806 [1])	258000	„
1810	300000	„

Der Aufwand an Roheisen für den Gufs von Geschützen betrug im Jahre 1801 564918 Ctr.

In dieser Zeit schützte England die inländische Produktion durch die höchsten Schutzzölle, wozu allerdings die feindselige Zollpolitik Napoleons die Veranlassung war. Der Zoll auf die Tonne ausländisches Schmiedeeisen betrug:

1795	2 £	16 s.	2	₰	
1800 — 1802	3 „	15 „	5	„	
1803	4 „	4 „	4½	„	
1804	4 „	17 „	1	„	
1805	5 „	1 „	0	„	
1806 — 1808	5 „	7 „	5¾	„	
1809 — 1812	5 „	9 „	10	„	
1813 — 1818	6 „	9 „	10	„	

[1]) Nach einer offiziellen Angabe 238206 Tonnen.

Digitized by Google

Welche Summen der Eisenzoll der englischen Regierung damals einbrachte, geht aus folgenden Zahlen hervor:

Zoll auf	250000 T.	Roheisen im Inland erzeugt	zu	2 £	=	500000 £
„ „	27173 „	importiertes Stabeisen	„	4 „	=	108692 „
„ „	915 „	„ Roheisen	„	2 „	=	1830 „
„ „	15 „	„ Nägel	„	6 „	=	90 „
				Zusammen		610612 £

Einen anderen Schutz verschafften sich die englischen Fabrikanten selbst, indem sie seit dêm Beginn des Jahrhunderts den Zutritt fremder Reisender, deren Zahl von Jahr zu Jahr gröfser wurde, zu ihren Werken sehr erschwerten. Derselbe William Reynolds, der dem Amerikaner Smith, nachdem er sein Werk zu Ketteley eingehend besichtigt hatte, auf dessen Frage, ob er eines seiner Verfahren lieber geheim gehalten haben wollte, antwortete: Ich habe keine Geheimnisse und hoffe, dafs niemand ein Geheimnis aus etwas mache, was zum Wohl der Menschheit dienen kann, verwehrte einige Jahre später den Reisenden Svedenstjerna und Bonnard den Eintritt. Ebenso verbot Boulton, der früher so liberal gewesen war, seit Anfang des Jahrhunderts Fremden den Zutritt in seinen Fabriken. Teilweise waren die politischen Zustände daran Schuld, hauptsächlich war es aber doch die Furcht vor Ausbeutung und Konkurrenz.

Wir haben erwähnt, wie grofsartig sich die Eisengiefserei in England entwickelt hatte. Dabei hatte der Gufs aus dem Hochofen infolge des Koksbetriebes ganz aufgehört, man stellte nur Gufswaren zweiter Schmelzung dar, und zwar meistens mit Flammöfen, nur in den zahlreichen Giefsereien in der Stadt London herrschten die kleinen Schachtöfen (jetzt Kupolöfen genannt) von 5 bis 6 Fufs Höhe vor [1]).

Die Stabeisenbereitung geschah, wie schon erwähnt, meistens in Puddelöfen, nur für besondere Qualitäten, für Drähte und feine Bleche, namentlich für die Weifsblechfabrikation, verfrischte man das Eisen mit Holzkohle in Herden.

Man suchte aber den Verbrauch an Holzkohlen möglichst zu vermindern. Dies erreichte man dadurch, dafs man das Roheisen vor dem eigentlichen Frischen einem oxydierenden Frischen mit Koks, dem Feinprozefs, unterzog.

Zweierlei Frischmethoden bildeten sich in England aus, welche sich bis in die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts erhalten haben, die südwalessche und die Lancashire-Schmiede.

---

[1]) Wir verweisen auf Lampadius' Allgem. Hüttenkunde, Bd. II, S. 4.

Digitized by Google

Die südwalessche Frischschmiede[1]) hatte ihre ursprüngliche, seit 1721 bekannte Form wenig verändert. Das graue Koksroheisen, welches man seit dem Verschwinden der Holzkohlenhochöfen ausschliefslich verwendete, wurde erst in einem kleinen Herd, der 20 bis 22 Zoll lang und breit und 7 Zoll tief war, mit Koks raffiniert. In diesem kleinen Herd, der nur eine Form hatte, wurden etwa 75 kg auf einmal eingeschmolzen und dann durch die Hinterwand in den tiefer gelegenen Frischherd abgestochen. Es waren also in einer Hütte stets ein Paar Herde, die nur 5 Fufs in horizontaler Richtung voneinander lagen, vorhanden. Das Arbeiten in beiden Herden, das Raffinieren und Frischen, mufste richtig ineinander greifen. Beim Abstechen des raffinierten, weifsstrahligen Eisens war sorgfältig darauf zu achten, dafs keine Schlacke, die sehr roh war, mit in den Frischherd gelangte. Man liefs deshalb nur das erste Eisen direkt in den Frischherd laufen, den Rest dagegen mit der Schlacke in einen besonderen Sumpf, wo man dann die Schlacke abhob und das angesammelte Eisen mit einer Schaufel in den Frischherd eintrug.

Der Frischherd war wie der Raffinierherd mit Zacken ausgesetzt, auch von ziemlich denselben Massen. Man verwendete Kohlen von Laubhölzern, meist von Astholz. Nachdem die letzte Luppe ausgehoben war, wurde der Frischherd zur Aufnahme des abzustechenden Roheisens dadurch vorbereitet, dafs alle Ansätze abgestofsen und mit noch etwas Stockschlacke vermengt in der Mitte nach der Hinterwand zu angesammelt wurden. Auf dieses kleine Brockenwerk liefs man nun das Eisen aus dem Raffinierherd laufen und arbeitete alles mit Hülfe der Brechstange gut durcheinander. Das Roheisen wurde hierbei gleichsam granuliert, und die aufgebrochene Masse zu einem Haufen vor der Form auf der Windseite aufgerichtet. Mit Hülfe der Brechstange wurde es nach und nach vor der Form niedergeschmolzen, wiederholt aufgebrochen, der Herd im nächsten Bereich vor der Form gereinigt und die aufgebrochene Masse sofort zu einer Luppe niedergeschmolzen und diese zum Hammer gebracht. Aus dem im Herd noch rückständigen Eisen wurde dann in gleicher Weise eine zweite Luppe erzeugt uud ausgeschmiedet. Die erste Luppe war in der Regel gröfser, mehr gar und gleichförmiger als die zweite. Die Zeit von Beginn der Charge bis zur Vollendung der ersten Luppe betrug etwa eine Stunde, von da bis zur zweiten Luppe $^1/_4$ Stunde. In zwölf Stunden machte man 10 Chargen und 20 Luppen. — Die Luppen

[1]) Siehe Tunner, a. a. O., Bd. II, S. 181. Percy, Iron and Steel, p. 581. Wedding, Eisenhüttenkunde, Bd. III, S. 73.

Digitized by Google

wurden nun unter dem Hammer erst von allen Seiten gedrückt, hierauf aber nach einer Richtung unter beständigem Drehen zu einem flachen Kuchen von 1 bis $1^1/_2$ Zoll Dicke ausgeschlagen und in fliefsendes Wasser geworfen. Der Kuchen wurde dann kalt in Stücke von 5 bis 10 Pfund, stamps genannt, zerteilt. Diese stamps wurden über einer Eisenplatte zu einem Paket formiert und in einem besonderen Ausheizfeuer (chafery) mit Holzkohlen ausgeschweifst und unter dem Hammer zu einem Flachstab von etwa 6 Zoll Breite ausgeschmiedet. Dann wurden Stücke von etwa 12 Zoll Länge abgehauen, die dann gleich in derselben Hitze zwischen Walzen zu Blechplattinen ausgewalzt wurden.

Der letzte Teil des Prozesses erlitt in der Folge wichtige Veränderungen, welche wir später beschreiben werden.

Dasselbe gilt von der Lancashireschmiede, welche ihre Bedeutung und Ausbildung erst im 19. Jahrhundert in Schweden erlangte. Sie wurde dorthin von Südwales aus gebracht. Den Namen Lancashireschmiede hatte sie also wohl schon in England geführt. Sie ist eine Fortentwickelung der südwalesschen Frischmethode und wird später geschildert werden.

Die englischen Puddelöfen, welche in der Regel 7 Fufs lang und 3 Fufs breit waren, hatten keinen eigentlichen Herd, sondern der Boden mufste jede Woche frisch bereitet werden. Man rifs dann die Pfeiler, welche die Gufsplatten, die dem Herd zur Unterlage dienten, trugen, weg und mauerte sie neu auf, legte dann die Gufsplatten wieder an ihren Platz, warf 6 Zoll dick Asche darüber, stampfte diese fest und trug dann 3 Zoll feuchten Sand auf. Da man nach jeder Heize Sand aufwarf, so wuchs der Herd bis Ende der Woche so hoch, dafs er hinderlich wurde. Nach dem Eintragen erhitzte man den Sand, bis er anfing zu schmelzen, und gab dann fine-metal auf.

Die Stabeiseneinfuhr aus Schweden und Rufsland nach England ging in diesem Zeitraum zurück, doch betrug sie 1803 immer noch 20000 Tonnen aus Schweden und 20000 Tonnen aus Rufsland.

Der Eisenverbrauch nahm dagegen von Jahr zu Jahr zu. Man machte in England viel mehr Dinge aus Eisen als auf dem Kontinent. Auf die wichtigsten wurde schon hingewiesen. Wyat nahm im Jahre 1800 ein Patent, Fufsböden und Dächer ohne Riegel aus Gufseisen zu machen. In diesem Jahre genehmigte das Parlament zwei eiserne Brücken über den Conway und bei Bangor, welche 500000 £ kosten sollten.

Die grofse Handelssperre, welche Napoleon durch Dekret vom

Digitized by Google

21. Novbr. 1806 von Berlin aus über England verhängte, die sogenannte Kontinentalsperre, war zwar für den englischen Absatz ein grofses Hemmnis, gereichte aber trotzdem Englands Handel und Industrie mehr zum Nutzen als zum Schaden. Es gab die Veranlassung, dafs Grofsbritannien, durch keine Rücksicht mehr gebunden, seine Herrschaft über alle Meere ausdehnte und dafs es die technischen Fortschritte, welche besonders die Erfindung der Dampfmaschine gewährte, mit Eifer ausnützte, so dafs es am Schlufs dieser Periode den Staaten des Kontinents um ein Menschenalter voraus war.

Hervorragendes leistete auch damals die englische Maschinenfabrikation. Wir nennen die Dampf- und Gebläsemaschinen von Boulton und Watt, die Cylinderbohrmaschinen von Dixon und Billingsley 1802, die Hobelmaschinen von Murray in Leeds und von James Fox zu Derby 1814, den Dampfhammer von W. Deverell 1806, das Nagelwalzwerk von John Bennoch 1801, das Drahtwalzwerk von William Bell und das Blechbiegewalzwerk von John Ford 1815.

Die bedeutende Zunahme der Ausfuhr von britischem Eisen ergiebt sich aus folgender Tabelle von Scrivenor:

Englische Eisenausfuhr 1796 bis 1814.

Jahr	Stabeisen		Roheisen		Gufswaren		Nägel		Geschmiedetes Eisen und Stahlwaren					Geschütze, Gewehre und Waffen		
									Menge		Wert					
	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	£	s.	₰	£	s.	₰
1796	407	16	1756	9	1709	16	1727	4	18983	4	2292657	5	5	243848	9	6
1800	2844	13	1610	7	2789	19	1862	13	22848	—	3070797	14	7	316825	9	6
1804	6064	18	2237	12	2000	3	965	11	21758	—	1992056	1	—	242121	13	5
							Geschmiedetes Eisen				Stahl- und Messerwaren			Geschütze		
							Tonnen	Ctr.			Tonnen	Ctr.		Tonnen	Ctr.	
1808	16195	18	3388	13	2329	5	15788	8			2672	18		1329	4	
1812	23810	3	4066	6	3696	—	18911	2			5854	11		1458	16	
1814	22635	15	3354	14	5716	—	18450	2			6162	6		699	17	

Die Preise des Roheisens waren in der Zeit von 1800 bis 1815 steigend; 1800 betrugen sie 5 bis 8 £, 1815 7 bis 9 £ für die Tonne. Der Preis des Stabeisens sank dagegen infolge der Verminderung der Fabrikationskosten.

Der Preis des gewöhnlichen Stabeisens hatte im Jahre 1806 20 £ 6 ₰ pro Tonne betragen. 1809 war er auf 14 £, 1810 auf 13 £, 1815 auf 11 £ pro Tonne herabgegangen.

Digitized by Google

Frankreich 1801 bis 1815.

Héron de Villefosse gebührt das Verdienst, zum erstenmal eine vergleichende Statistik der Eisenproduktion der sämtlichen Industriestaaten aufgestellt zu haben. Seine Zusammenstellung bezieht sich auf die Eisenproduktion des Jahres 1807 und giebt er dafür folgende Zahlen:

Spanien	180 000 Ctr.
Verein. Staaten von Amerika	480 000 „
Grofsbritannien	5 000 000 „
Rufsland	1 675 679 „
Schweden	1 500 000 „
Dänemark	133 000 „
Österreich	1 010 400 „
Bayern	110 000 „
Königreich Sachsen	80 000 „
Preufsen	322 053 „
Königreich Westfalen (1806)	187 411 „
Frankreich (ohne Piemont und Italien)	4 500 000 „
	15 198 543 Ctr.

Bei dieser Tabelle fällt zunächst die aufserordentlich hohe Produktion Frankreichs auf, es ist aber zu bedenken, dafs darin die Produktion von Belgien, Holland und einem grofsen Teil von Deutschland, nämlich dem ganzen linksrheinischen Gebiet, dem Herzogtum Berg und den Rheinbundstaaten einbegriffen ist. Preufsen war dagegen durch den Tilsiter Frieden auf seine östlichen Provinzen reduziert. — Frankreichs Produktion war allerdings bedeutend. Man zählte damals im Kaiserreich 1300 Eisenhütten in 69 Departements mit etwa 600 Hochöfen und 1600 Frischfeuern, einschliefslich der Katalanschmieden. Man schätzte die jährliche Produktion eines Hochofens durchschnittlich auf 9000 Ctr. Héron de Villefosse giebt eine tabellarische Zusammenstellung der Hochöfen und der wichtigsten Eisenhüttenwerke der sämtlichen Departements Frankreichs, dessen Grenze seit dem Frieden von Luneville der Rhein bildete. Danach betrug die Zahl der Hochöfen um 1805 in den Departements: Ardennes 11, Charente 4, Cher 12, Côte d'Or 30, Côtes-du-Nord 3, Dordogne 29, Doubs 6, Eure 8, Eure-et-Loire 2, Forêts (Elsafs) 34, Jemappes 4, Indre 8, Indre-et-Loire 2, Isère 12, Jura 6, Loire-inférieure 2, Marne (haute) 43, Mayenne 3, Meuse 21, Mont-Blanc 12, Moselle 14,

Digitized by Google

Nièvre 30, Nord 3, Orne 21, Ourthe 14, Rhin (haute) 6, Rhin et Moselle (Hundsrück etc.) 4, Roër (Eifel) 19, Sambre-et-Meuse 27, Saône (haute) 38, Saône-et-Loire 9, Sarre (Saarbrücken) 8, Sarthe 3, Vosges 4, zusammen 446.

Frischfeuer gab es allein im Departement Nièvre 103, Haute-Marne 80, Mont-Blanc 39, Mosel 32, Roër 22 u. s. w. Die Zahl der Feuerarbeiter in den Eisenwerken schätzt Villefosse auf 20000 und die Zahl der überhaupt von der Eisenindustrie beschäftigten Personen auf 150000. Dagegen erklärt er die französischen Eisenhütten für noch sehr verbesserungsbedürftig. Creusot sei das einzige Werk in Frankreich, welches den Steinkohlenbetrieb eingeführt habe. Man hoffe in dieser Beziehung auf den günstigen Einfluſs der neuen praktischen Bergschule, welcher der Kaiser (um 1810) ihren Sitz auf der Eisenhütte von Geislautern im Saargebiet angewiesen habe. Diese Hoffnung blieb infolge der politischen Umwälzung, welche mit dem Sturz Napoleons endete, unerfüllt.

Die kaiserliche Regierung bemühte sich mit Eifer, die Eisenindustrie Frankreichs zu heben und Schwierigkeiten zu beseitigen. Dadurch gelangten emigrierte Familien wieder in den Besitz ihrer Werke. So wurde es François de Wendel am 8. Messidor IX (27. Juni 1803) gestattet, die Eisenwerke zu Hayange für 220000 Frcs. zurückzukaufen. François de Wendel hatte groſsen Erfolg und konnte am 6. Oktbr. 1811 auch das wichtige Hüttenwerk Moyeuvre, das am 20. Juli 1797 von der republikanischen Regierung als Nationalgut an Pierre Villeroy verkauft worden war, erwerben. 1812/13 errichtete er das neue Walzwerk du Moulin-Neuf.

Die Eisenhütten in Frankreich wurden energisch betrieben, das beweist die hohe Produktion; wesentliche technische Fortschritte wurden aber in Frankreich in diesem Zeitabschnitt nicht gemacht. Dies verhinderte sowohl die Feindschaft gegen England, als der fast ununterbrochene Kriegszustand. Die fortschrittlichen Bestrebungen kamen mehr in der Theorie als in der Praxis zum Ausdruck. Hervorragendes für die Eisenhüttenkunde leisteten die französischen Chemiker, wie Proust, Vauquelin, Berthier und andere, durch ihre Untersuchungen der Erze, Schlacken und Eisensorten. Auch lieſs es die Regierung und die neu gegründete gemeinnützige Gesellschaft Société d'encouragement de l'industrie nationale an Unterstützung und Aufmunterung nicht fehlen. Erstere that dies nicht nur direkt, sondern auch durch Gründung und Förderung von Berg- und Hüttenschulen, wie die zu Moustier und Geislautern, als auch durch hohe

Digitized by Google

Schutzzölle. Diese betrugen beispielsweise im Jahre 1806 für den Centner Schweifs- und Cementstahl 9,90 Frcs., für verarbeiteten Stahl 22,44 bis 84,15 Frcs.

Die Gesellschaft zur Aufmunterung der nationalen Industrie setzte hohe Preise für Verbesserungen der Eisenindustrie aus, so z. B. 1806 unter anderen 3000 Frcs. für Herstellung des besten Drahtes zur Kratzen- und Nagelfabrikation; 3000 Frcs. für die Herstellung von Gufsstahl, welcher dem besten englischen gleich käme; dieser Preis wurde später auf 4000 Frcs. erhöht; ferner 3000 Frcs. für ein vorteilhaftes Verfahren, rot- und kaltbrüchiges Eisen zu verbessern, welcher Preis 1809 geteilt und auf 8000 Frcs. erhöht wurde; sodann 1807 6000 Frcs. für das beste bis zum Jahre 1809 einzuliefernde Modell einer Dampfmaschine, deren Wirkung gleich der Kraft sein sollte, welche erfordert würde, um in einer Zeit von zwölf Stunden eine Last von einer Million Kilogramm auf die Höhe eines Meters zu heben, dabei sollten sich die täglichen Betriebskosten der Maschine nicht über $7^1/_2$ Frcs. einschliefslich der Verzinsung belaufen.

Die französische Regierung suchte auch dadurch die Eisenindustrie des Landes zu heben, dafs sie die Eisen- und Stahlarbeiter der benachbarten abhängigen Grenzländer durch Prämien und sonstige Vorteile zur Einwanderung veranlafste, wie sie dies gegenüber den Stahlarbeitern von Remscheid und Solingen that, welche sie im Saargebiet ansiedelte.

Die wichtigsten Fabriken für Schwarz- und Weifsblech waren zu Bains, Geislautern und Dillingen; für blanke Waffen zu Klingenthal; für Feuerwaffen zu Versailles, Charleville, Lüttich, Maubruge und St. Etienne; für Messerschmiede zu St. Etienne, Thiers, Moulins, Châtellerault, Paris und Langres; für Nadeln zu Aachen; für Draht in den Departements du Doubs und de l'Orne u. s. w.

Die Sensenfabrikation wurde direkt von Kärnten nach Frankreich verpflanzt. Im Jahre 1805 schickte Marschall Marmont, welcher die Occupationstruppen in Österreich befehligte, auf Ersuchen der französischen Regierung Sensenarbeiter aus den österreichischen Alpenländern nach Frankreich. Bald fand man auch den kärntnerischen ähnliche Erze im Departement Arriège. Die Sensenfabrikation hatte sich, von der Regierung ermuntert, in den Departements Vogesen, Jura, Oberrhein, Mosel, Doubs und Hochalpen ausgebreitet; die gröfste Produktion hatte allerdings das annektierte Departement Sesia in Piemont, welches (1806) 30000 Dutzend im Jahre lieferte. — In Blüte standen damals die Gewehrfabriken zu St. Etienne, Roanne, Tullé,

Digitized by Google

Tarbes, Maubeuge, Charleville, Mutzig und Versailles. — Die Halberger Hütte bei Saarbrücken führte im Jahre 1801 einen grofsen Auftrag der französischen Regierung auf Wagenachsen für das Arsenal zu Metz aus [1]).

Ein anderes Mittel zur Aufmunterung der französischen Industrie waren die Kunst- und Gewerbeausstellungen in Paris. Auf der Ausstellung von 1806 wurde konstatiert, dafs 7 Departements vorzüglichen Stahl und 16 Departements vorzügliches Eisen lieferten, wovon manches dem schwedischen gleich käme, besonders das der Hammerwerke von Clavières (Indre), de Fraisant, Rans, Dampierre und Bruyère (Jura), Bêze (Côte d'Or), Rambervilliers (Vogesen).

Im Jahre 1801 hatte die Produktion der 108 Departements der Republik schon 140000 Tonnen Gufseisen betragen, welche in 530 Hochöfen erzeugt wurden; von diesen wurden 111000 bis 112000 Tonnen in 450 Hochöfen innerhalb des Gebietes von Frankreich nach 1815 dargestellt. Die Produktion von Stabeisen betrug 94000 Tonnen in dem damaligen Gebiet und 79000 Tonnen in den 86 Departements von 1815. 1814 wurde die Eisenproduktion Frankreichs auf 80000 bis 90000 Tonnen (800000 bis 900000 quintaux metriques) geschätzt. Sie war demnach in diesem Zeitabschnitt zurückgegangen.

Le Creuzot war in dieser ganzen Zeit das einzige Werk, welches Erze mit Koks verschmolz, und dieser Betrieb war keineswegs günstig. Im Jahre 1803 produzierte man 2500 kg Gufseisen in 24 Stunden. Man brauchte zu 1000 Erz 595 Koks; da man aber aus 1000 Erz nur 198 Gufseisen erhielt, so verbrauchte man 3020 Koks für 1000 Gufseisen. Zu diesem hohen Koksverbrauch kam noch der grofse Steinkohlenverbrauch für die Dampfmaschinen, welcher $1^2/_5$ kg auf 1 kg Eisen betrug. Die Versuche von Rozière und Houry (von 1795 bis 1805), Steinkohlen im Frischfeuer zu verwenden, haben wir schon erwähnt, ebenso die von Sabathier und Dufaud, eine Art Puddelprozefs einzuführen. Die Erfolge waren teils negativ, teils minimal.

Walzwerke waren so wenig bekannt, dafs Colon 1806 ein Patent auf ein Walzwerk, wie es Bonnard in dem Bericht über seine englische Reise 1802 veröffentlicht hatte, nehmen konnte. La Place hatte angeblich ein Mittel erfunden, die Zähigkeit des Eisens zu erhöhen. Dasselbe wurde von der Regierung geprüft und belobt, weiter hat man aber nichts mehr davon gehört. Wie zur Zeit der Republik, so wendete man zur Zeit des Kaiserreichs das gröfste Interesse der

[1]) Im Journal des mines an XII, p. 415 ist eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens mitgeteilt.

Digitized by Google

Stahlfabrikation zu. Die Bemühungen, die Gufsstahlfabrikation einzuführen, über welche wir bereits berichtet haben, hatten nur geringen Erfolg. Dagegen stand die Fabrikation von Rohstahl (acier naturel) im Departement von Isère in Blüte[1]). Sie war begründet auf den Spateisensteinen, welche in den Departements de l'Isère, du Mont-Blanc und de la Drome im Gneisgebirge vorkamen. Im Departement de l'Isère waren es besonders die berühmten Eisenerzgänge von Allevard, welche schon seit langer Zeit ausgebeutet wurden. Die Erze wurden in italienischen Hochöfen, einer Art Blauöfen, verschmolzen. Das Roheisen, welches man zu Rives am liebsten zur Stahlfabrikation nahm, war das aus dem Departement Mont-Blanc und das von St. Vincent und Allevard im Departement de l'Isère. Zu St. Vincent wurden die Erze am sorgfältigsten vorbereitet; das vortreffliche Eisen war von grauer Farbe, glänzend, von mittlerem Korn und gleichförmiger Textur. Es konnte allein verschmolzen werden und lieferte guten Stahl. Das Roheisen von Allevard war dunkelgrau und von mittlerem Korn, man pflegte es mit dem vorhergehenden zu mischen. Das Eisen von Epierre im Departement Mont-Blanc war weifsstrahlig. Es liefs sich nicht für sich allein zu Stahl verfrischen, war aber ausgezeichnet als Mischeisen mit den vorhergehenden. Gewöhnlich nahm man $^2/_7$ von dem letzteren, $^2/_7$ von Allevard und $^3/_7$ von St. Vincent.

Die Essen der Stahlfeuer waren geräumiger als die der Frischherde, so dafs der Arbeiter sich bequem um diese herumbewegen konnte. Die Form lag fast horizontal und das Gebläse gab höchstens 200 Kubikfufs Wind in der Minute, während es bei einem Frischfeuer, das nur $^1/_2$ oder $^1/_3$ so grofs war, 380 Kubikfufs in der Minute liefern mufste. Der innere Raum des Stahlherdes hatte 3 Fufs im Quadrat und $4^1/_2$ Fufs Tiefe. Seine vier senkrechten Seiten waren aus Backsteinen aufgemauert und der Boden bestand aus einem dicken Stein. Diesen Backsteinherd stampfte man mit Lösche aus, so dafs nur eine Grube von 14 bis 15 Zoll im Durchmesser und 18 Zoll Tiefe blieb. Die Arbeit geschah in der Weise, dafs man zuerst die Luppen vom vorhergehenden Schmelzen ausheizte und in Stangen ausschmiedete. Dies dauerte zehn bis zwölf Stunden und am Schlusse derselben brach man die Eisenluppe, die sich von dem abschmelzenden Stahl gebildet hatte und die etwa den fünften Teil des Gewichtes der Stangen betrug, aus, entfernte die Schlacken, gab frische Kohlen auf und legte

[1]) Lampadius, Hüttenkunde 1810, II. Tl., Bd. IV, S. 283.

Digitized by Google

die Stücke Roheisen im Gewicht von 12 bis 13 Ctr. übereinander auf den Herd. Um dieselben machte man einen Kranz von feuchter Lösche und häufte Kohlen auf. Nach vier Stunden war das Roheisen eingeschmolzen. Man wärmte alsdann die ausgeschmiedeten Stangen über dem Feuer, zerschrotete sie in 4 Zoll lange Stücke, die man sogleich in kaltem Wasser ablöschte. Während dieser Arbeit, die acht bis neun Stunden dauerte, blieb das mit einer 5 bis 6 Zoll dicken Lage Schlacken bedeckte Roheisen vom Winde unberührt. Die Schlacken mufsten dünnflüssig bleiben; fingen sie an dickflüssig zu werden, so gab der Schmelzer etwas Quarz auf. Das allmähliche Dickerwerden des flüssigen Eisens regulierte er durch den Wind. War die Masse mufsig geworden, so brach er einen Klumpen auf und brachte ihn kurze Zeit vor den Wind, um roh gebliebene Teile zu garen. Nun fafste ihn der Hammerschmied mit der Zange, beklopfte ihn von allen Seiten und schmiedete ihn zu länglichen Prismen aus. So machte er einen Klumpen nach dem anderen, im ganzen etwa 20, fertig, wozu sechs bis sieben Stunden erforderlich waren. War alles Eisen aus dem Herde gewonnen, so wurde die Schlacke in Scheiben abgehoben und der Herd mit Lösche gekühlt. Die ganze Operation dauerte 30 Stunden. Es waren etwa 20 Stahlhütten mit 27 Feuern in der Umgebung von Rives. Da die Arbeit nicht regelmäfsig ging, so lieferte jedes Feuer nur 504 Ctr. Stahl, und alle im Betrieb befindlichen 24 Feuer gaben nicht mehr als 12092 Ctr. Stahl und 2419 Ctr. Eisen, wozu 18600 Ctr. Roheisen und 48384 Ctr. Kohlen erforderlich waren.

Nach einem späteren Bericht [1]) waren 29 Stahlhütten im Departement de l'Isère in den Gebieten von Grenoble, Vienne, Saint-Marcellin und Tour-du-Pin. Sie bezogen ihr Roheisen von den Hochöfen von Allevard (Isère) und von St. Georges und St. Alban d'Heurtrières (Mont-Blanc). Man mischte die Sorten, wobei man $^2/_9$ von Allevard nahm. Jede Schmiede brauchte durchschnittlich 75 Tonnen Gufseisen im Jahre, woraus 40 Tonnen Stahl oder 35 Tonnen Eisen erzeugt wurden. Die 29 Fabriken lieferten 1080 Tonnen Stahl oder 945 Tonnen Eisen. Jede Hütte brauchte etwa 275 Tonnen Holzkohlen, im ganzen 7425 Tonnen.

Seit der Revolution waren die Preise von Gufs, Kohlen und Arbeit etwa um $^1/_3$ gestiegen. Das Gufseisen kostete auf den Hütten zu Mont-Blanc und Allevard 19 bis 20 Frcs. der Centner, Kohle 3 bis

[1]) Journal des mines 1812, Nr. 191

Digitized by Google

4 Frcs. der Centner. Ein Schmied hatte 36 Frcs. Lohn die Woche. Er arbeitete drei Tage, je zwölf Stunden, während er 500 kg Stahl machte. Der Preis des Stahls betrug 44 Frcs. für den Centner, für Mock 38 Frcs. und für eisenschüssigen (ferreux) 33 Frcs. Die erste Sorte, acier fin, diente für Waffen und Messerwaren und wurde nach St. Etienne, Thiers und die mittleren Departements verkauft. Die zweite Sorte, acier fendue ou double (Mock), mit Flecken, diente für Schneidwaren im Departement Isère. Die dritte Sorte, acier ferreux, diente für Ackergeräte. Durch das Verbot der Einfuhr englischen Stahls hatte die Stahlindustrie dieser Provinz grofsen Aufschwung genommen.

Auch im Departement de la Nièvre machte man Rohstahl, doch war das Verfahren von dem beschriebenen abweichend. Man schmolz hier erst das Roheisen in einem besonderen Herde ein und stach es in dünne Scheiben ab (mazer la fonte = Hartzerennen). Man schmolz dann Sätze von 50 Pfund von diesem Hartzerenneisen (fonte mazée) auf einem Löschherd ein, während man die Kolben oder Schrote der vorhergehenden Schmelzung ausschmiedete und ablöschte, was etwa $1^1/_4$ Stunden in Anspruch nahm. Das Garen geschah mit viel Schlacken in ähnlicher Weise; war aber das Eisen teigig geworden, so brach man den ganzen Klumpen auf einmal aus, streckte ihn unter dem Hammer und teilte ihn in mehrere Schrote.

Bei dieser Methode konnte ein Hammermeister mit einem Gesellen in zwölf Stunden 3 bis $3^1/_2$ Ctr. Stahl verfertigen. Zu 1000 Pfd. Stahl brauchte man 1600 Pfd. Roheisen und 37 Karren Kohlen. Der Abbrand war also bei diesem Verfahren gröfser.

Die Gufsstahlfabrikation hatte nur in Belgien wirklichen Erfolg. Hier stellten die Gebrüder Poncelet in Lüttich seit 1807 einen guten Gufsstahl dar. Dieselben bewarben sich 1809 um den von der société d'encouragement ausgeschriebenen Preis von 4000 Frcs. Sie konkurrierten damals nur mit einer schweizer Firma. Keinen von beiden wurde der Preis zuerkannt, aber die Gebrüder Poncelet erhielten eine goldene Medaille im Werte von 400 Frcs. Die Gebrüder Poncelet brachten ihren Stahl auf den Markt und wetteiferten erfolgreich mit englischem Gufsstahl.

1807 gründete der Schotte John Cockerill mit seinem Vater eine Maschinenbauanstalt zu Lüttich, welche 1816 nach Seraing verlegt wurde, woraus sich später die moderne Eisenindustrie Belgiens entwickelte.

Digitized by Google

Spanien und Portugal 1801 bis 1815.

Die Zahl der Eisenhütten (Katalanschmieden) in Spanien betrug nach Laborde in Asturien 11, in Guipuzcoa 15, in dem eigentlichen Biscaya 16, welche jährlich etwa 100000 Ctr. erzeugten, in dem Distrikt von S. Andero allein 25 mit einer Produktion von 24000 Ctr. Die wichtigsten Eisenwerke von Aragonien waren die von S. Pedro in dem Gebiete von Albarrazin, Origuela, Xea, Torres und Tormon. In jedem derselben wurden jährlich an 2500 Ctr. gemacht.

Das gröfste Hüttenwerk in Guipuzcoa war das von Aspeitoa. Dieses Land war vordem bedeckt mit Schmieden, welche es aber gänzlich entwaldet haben. Keine der besten Eisenwerke in Biscaya, Alava und Guipuzcoa warf über 300 bis 500 Dukaten (700 bis 1150 Mark) im Jahre ab, während die von Aragonien etwa das Doppelte einbrachten. Von ersteren erzeugte jedes etwa 1000 Ctr., von letzteren 2500 Ctr. Spanien hatte auch viele Eisenwalz- und Schneidwerke, z. B. waren viele bei Tolosa, 12 in Biscaya, 48 in Asturien und eins in Neu-Castilien. Von den 48 in Asturien arbeiteten 9 auf Stabeisen, 37 auf Nageleisen und 2 verarbeiteten Kupfer. Giefsereien gab es zu Equi in Navarra, zu Renteria in Guipuzcoa und in der Nachbarschaft von Oviedo und St. Jago de Sargadelos in Asturien. Eiserne Kanonen wurden zu Lierganez und Cavada gegossen. Stahl wurde in Utrillos in Aragonien hergestellt, aber nur in geringer Menge. Schlösser und Eisengerät wurden besonders zu Vega de Ribadeo in Galizien, zu Helgoivar in Biscaya und zu Vergena, Solsona und Cardona in Catalonien angefertigt. In diesen Städten, namentlich in Solsona, wurden auch Messerwaren gemacht; für Tuchscheren waren Monistrol und Aulot in Castilien berühmt.

Durch die napoleonischen Kriege litt die spanische Eisenindustrie und nach dem Jahre 1815 fehlte jeder Aufschwung, so dafs dieselbe in den 20er Jahren sehr daniederlag.

In Portugal bemühte sich der 1801 ernannte Oberberghauptmann Androda, die alte Eisenhütte von Foz d'Alge wiederherzustellen und eine grofsartige Eisenfabrik daraus zu machen. Zu diesem Zwecke berief er deutsche Techniker, besonders einen Bergingenieur W. v. Eschwege[1]). Die Invasion der Franzosen 1807 machten dem Unternehmen ein Ende.

---

[1]) Siehe dessen Bericht in Karstens Archiv 1835, Bd. VIII, S. 185.

Digitized by Google

Österreich-Ungarn 1801 bis 1815.

In Österreich beschränkten sich die Fortschritte der Eisenindustrie in diesem Zeitabschnitt auf Erhöhung der Hochöfen, Zustellung mit zwei Formen, Verbesserung und Verstärkung der Gebläse. In den Schriften von v. Marcher, v. Pantz und Atzl und anderen findet man ausführliche Nachrichten über das österreichische Eisenhüttenwesen, besonders in Steiermark, Kärnten und Niederungarn. Zu Eisenärz in Steiermark wurde 1802 der Rupprechtofen und 1806 der Wrbnaofen umgebaut und erhöht. 1812 wurde zu Neuberg ein Hochofen errichtet. Die Hochöfen in den österreichischen Alpenländern waren alle mit geschlossener Brust zugestellt, aber auch in Böhmen und Mähren war diese Zustellung zu Beginn des Jahrhunderts noch vielfach angewendet.

In Kärnten hatte man fast auf allen Hochofenhütten Kastengebläse eingeführt; die kleineren derselben hatten zwei Kasten von 4 Fuſs Quadrat und $3^1/_2$ Fuſs Hub. Bei dem Hochofen zu Hürt hatte man ein horizontal liegendes Doppelgebläse, zwei Kasten bliesen in einen Wasserregulator, der aus Kupferblech hergestellt war. Bei siebenmaligem Wechsel sollten die beiden Bälge zusammen 1400 Kubikfuſs Wind in der Minute liefern, doch wurde diese Leistung nicht erreicht. Auf den fürstlich von Rosenbergschen Hochöfen zu Deutsch-Pontafel betrieben drei Wassertrommeln, jede 30 bis 32 Kubikfuſs Luft fassend und 18 Fuſs Gefäll, das Hochofengebläse.

Man schmolz damals in Kärnten die Frischschlacken in sogenannten Sinteröfen um. Es waren dies Stücköfen von 9 bis 12 Fuſs Höhe. Alle sechs Stunden erhielt man eine Luppe.

Der gräflich von Eggersche Hochofen zu Treybach bietet aus verschiedenen Gründen besonderes Interesse dar. Erstens war er der gröſste in Kärnten, seine Höhe betrug etwas über 35 Fuſs, zweitens wurde er mit zwei und eine Zeit lang sogar mit drei Formen betrieben, drittens wurden bei diesem Ofen eine Reihe interessanter Versuche über die Ofenzustellung gemacht. Bei einer Gestellweite von 24 Zoll im Quadrat und zwei Formen hatte die tägliche Produktion 112 Ctr., durch Erweiterung des Gestelles auf 28 Zoll war sie auf 115 Ctr. gestiegen. Als man die dritte Form auf der Rückseite einlegte, erweiterte man das Gestell auf 30 Zoll im Geviert und erhielt 12766 Pfund Roheisen in 24 Stunden bei einem

Digitized by Google

Kohlenverbrauch von 12,4 Kubikfuſs und 215,6 Pfd. Erz auf 100 Pfd. Roheisen.

Diese Gestellweite von 30 Zoll im Quadrat hatte sich bei dem starken, aus vier Kasten von je 6 Fuſs Quadrat in Kolbenfläche, welche in der Minute 2000 bis 3000 Kubikfuſs Wind lieferten, als zu eng erwiesen. Der Verwalter Hauser lieſs deshalb im Jahre 1805 das Gestell achteckig zustellen mit einer Weite von 36 Zoll zwischen Vorder- und Rückseite und 40 Zoll zwischen den Seitenformen. Infolgedessen erzielte er eine Produktion von über 16000 Pfund bei einem Kohlenaufwand von nur 10 Kubikfuſs auf einen Centner Roheisen. Obgleich dadurch die gute Wirkung der Zustellung mit drei Formen klar erwiesen war, kehrte man später doch wieder zu zwei Formen zurück. Unter den mancherlei guten Einrichtungen der Treybacher Hütte ist auch ein Maschinengichtaufzug zu erwähnen. Es war ein Paternosterwerk, dessen Eisenblechkästchen die Erze auf die Gicht hoben.

Es ist unmöglich, das reiche Material, welches von Marcher in seinen umfangreichen Schriften mitgeteilt hat, auch nur auszugsweise mitzuteilen und müssen wir die, welche sich über die österreichischen Eisenwerke jener Zeit näher unterrichten wollen, auf diese verweisen.

Einen wesentlichen Aufschwung hatte die Eisenindustrie Ungarns zu Anfang des Jahrhunderts genommen. Den Hochofen zu Rhonitz hatte man von 23 Fuſs auf 28 Fuſs erhöht. Zu Reschitza im Banat waren wichtige kaiserliche Eisenwerke angelegt worden. Der Franzisci-Hochofen oder Guſsofen war 1804 30 Fuſs hoch, 7 Fuſs im Kohlensack, 2 Fuſs 8 Zoll bei der Form und 2 Fuſs an der Gichtöffnung weit. Er hatte keine Rast, sondern ging konisch vom Kohlensack bis zum Boden. Das doppelte Kastengebläse lieferte 464 Kubikfuſs Wind in der Minute. — Der Josephi-Floſsofen war ebenfalls 30 Fuſs hoch und 7 Fuſs im Kohlensack weit. Er hatte vier Kastenbälge, welche 640 Kubikfuſs Wind in der Minute lieferten, wobei 5000 Pfd. Flossen in 24 Stunden geschmolzen wurden.

Die ersten Versuche, die in Domán bei Reschitza gewonnenen Steinkohlen zu verkoken, machte man 1819 und 1820, jedoch ohne befriedigende Resultate zu erzielen.

In Siebenbürgen hatte das k. k. Eisenwerk zu Strimbul einen Hochofen von 36 Fuſs Höhe bei 6 Fuſs Weite im Kohlensack. Er hatte zwei Formen und produzierte in vier Abstichen täglich 2800 weiſses, grobspieſsiges Roheisen. Der königl. Hochofen zu Olahlapos war nur 17 Fuſs hoch und produzierte in 24 Stunden 1100 Pfd.

Digitized by Google

weifses Roheisen. Der königl. Flofsofen zu Töplitza bei Veida-Hunyad war 22 Fufs hoch, hatte zwei Formen und lieferte 8848 Pfd. in 24 Stunden.

Es gab aber zu jener Zeit noch viele Stücköfen oder Blaufeueröfen in Ungarn und Siebenbürgen und in Galizien Luppenfeuer.

Nach der Statistik von Heron de Villefosse betrug die Eisenproduktion Österreich-Ungarns im Jahre 1806 nach den damaligen Grenzen ohne Tirol 1 045 400 Ctr., davon entfielen auf

Böhmen	193 400	Ctr.
Galizien	60 000	„
Ungarn	50 000	„
Siebenbürgen	30 000	„
Steiermark	350 000	„
Kärnten	164 000	„
Krain	100 000	„
Salzburg	48 000	„
Die übrigen Staaten (Mähren, Österreich u. s. w.)	50 000	„

Preufsen 1801 bis 1815.

Preufsen war durch den unglücklichen Ausgang der Feldzüge von 1806 und 1807 zwar schwer betroffen und in seinem Besitzstand sehr eingeschränkt, dennoch machte die Eisenindustrie der östlichen Provinzen, insbesondere Schlesien, ununterbrochene Fortschritte. — In Oberschlesien zählte man zu Anfang des Jahrhunderts 45 Hochöfen, von denen bereits 6 mit Koks betrieben wurden, und über 150 Frischfeuer, von denen jene 200 000 bis 300 000 Ctr. Roheisen, diese 160 000 bis 180 000 Ctr. diverses Schmiedeeisen lieferten. Die Produktion eines Holzkohlenofens betrug 150 bis 250, die eines Kokshochofens 400 bis 500 Ctr. Roheisen wöchentlich. Leider wurde die stetige Entwickelung durch die Katastrophe des Jahres 1806 unterbrochen, jedoch bot die nun folgende Kriegsperiode der jungen oberschlesischen Eisenindustrie alsbald Gelegenheit, dem Staat für ihre Begründung den besten Dank zu zollen.

Die Notwendigkeit, die grofsen Verluste an Munition und Kriegsgerät zu ersetzen und die Armee mit neuen Waffen zu versehen, führten zu Neubauten und Einrichtungen. Die Bohr- und Drehhütte zu Malapane wurde 1808 zu einer Bohr- und Schleifhütte für Gewehrläufe und zu einer Ladestockschmiede eingerichtet. Die auf der

Digitized by Google

Malapaner Eisenhütte angefertigten Gewehrteile (Läufe, Bajonette und Ladestöcke) wurden in der Gewehrfabrik zu Neifse zusammengesetzt und equipiert[1]). Das oberhalb Malapane gelegene Hammerwerk Krascheow, welches aus vier Frischfeuern in zwei Hütten bestand, wurde ebenfalls in einen Platinen- oder Plattinenhammer zu Laufhämmern und zu einem Bohr- und Drehwerk für Gewehrläufe eingerichtet.

In Jedlitze, unterhalb Malapane, wurden die vier Frischfeuer durch ein gemeinschaftliches eisernes doppeltwirkendes Cylindergebläse mit Wind versehen und die beiden Stabhämmer hatten eiserne Hammergerüste erhalten. Aufserdem befand sich in jeder der beiden Hüttengebäude ein Blechwalzwerk, welches die Bleche für das Zinnhaus auf demselben Werke lieferte. Das mit einem Walzendrehwerk versehene Walzwerk bestand aus zwei Ständergerüsten und war das älteste in Schlesien. Alle diese Werke mit dem Dembihammer gehörten zu dem Hüttenamt Malapane, einem der fünf schlesischen Hüttenämter.

Die besseren, weifsen Spaterze, welche man für die Erzeugung von Roheisen für Rohstahl, Platinen- und Artillerieeisen gebrauchte, wurden aus der Gegend von Kreuzburg bezogen. Doch war die Menge unzureichend, weshalb Malapane das benötigte Eisen teilweise kaufen mufste. Zur Erzeugung dieses besseren Roheisens aus den benachbarten Erzen wurde auf der Kreuzburger Hütte selbst ein neuer Hochofen gebaut, welcher mit einem Kastengebläse betrieben wurde. Derselbe lieferte auch das Roheisen für das auf derselben Hütte befindliche Rohstahlfeuer. — Die beiden Frischfeuer der Budkowitzer Eisenhütte hatten ein gemeinschaftliches eisernes Doppelcylindergebläse und ebenfalls zwei Hämmer mit eisernem Aufwerfhammergerüst.

Auf der Rybniker Hütte, welche 1810 in die Administration des Oberbergamts übergegangen war, wurde der Rybnikerhammer in ein Schwarzblechwalzwerk umgebaut. Die Walzhütte wurde mit zwei Pilarengerüsten, zwei Glühöfen und den erforderlichen Blechscheren und Drehbänken versehen.

Über den Betrieb der Gleiwitzer Hütte im Jahre 1802 liegen ausführliche Berichte von dem französischen Ingenieur Daubuisson vor[2]). In 48 Wochen wurden 14489 Ctr. Gufseisen erzeugt. — In

---

[1]) Siehe Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. I, 2. Heft, S. 64.

[2]) Journal des mines 1803, Nr. 82, p. 154 et Nr. 84, p. 455.

Digitized by Google

24 Stunden schmolz man 35 Chargen von 3,90 Ctr. Erz, 1,10 Ctr. Kalk und 3,60 Ctr. Koks und erhielt von der Charge 1,23 Ctr. Gufseisen oder 43 Ctr. in 24 Stunden. Der Aufgang für 100 Tle. Gufseisen betrug 316 Erz, 89 Kalkstein und 243 Koks.

Zu Malapane, wo mit Holzkohle geschmolzen wurde, betrug damals der Aufwand auf 100 Tle. Eisen 400 Erz, 68 Kalkzuschlag und 223 Holzkohlen. 1804 wurden hier mit Erfolg Steinkohlen im Schweifsfeuer angewendet.

1807 stellte man in Gleiwitz eine doppeltwirkende Boultonsche Gebläsemaschine mit 0,392 m Dampfcylinder auf, um die Störungen und Unregelmäfsigkeiten des Wasserbetriebes zu beseitigen. Dieselbe erwies sich aber als zu schwach und reichte kaum zum Betrieb der beiden Kupolöfen aus. 1809 wurde der Hochofen gröfser gebaut und mit zwei Windformen versehen. Die Versuche im Jahre 1812, den Hochofen mit Backkoks statt mit Stückkoks zu betreiben, mifslangen.

Die Gleiwitzer Hütte wurde für Preufsen in den Jahren der Vorbereitung zum Befreiungskampf besonders wichtig, weil sie seit 1809 grofse Mengen eiserner und metallener Geschütze und Munition lieferte.

Über diese für die Geschichte Preufsens so wichtige Thätigkeit der schlesischen Eisenhütten tragen wir noch das Folgende[1]) nach. Der Gedanke, die schlesische Eisenindustrie für die vaterländische Bewaffnung heranzuziehen, ging wohl von Graf Reden aus, Karsten wurde vornehmlich mit der Ausführung betraut. Graf v. Götz, welcher 1808 Gouverneur von Schlesien war, gab die Veranlassung zur Gründung der „Armaturfabrik“ zu Malapane, indem er die Forderung stellte, dafs wenigstens die Reparaturen an den Gewehren im Lande selbst ausgeführt wurden. In diesem Sinne wurde zu Malapane Anfang 1809 eine Werkstätte eingerichtet. Der erste Auftrag ging nur auf die Anfertigung fehlender Bajonette und Ladestöcke zu vorhandenen Gewehren. Man begann diese Arbeit mit Hüttenschmieden, da die Anstellung gelernter Gewehrarbeiter nicht vorgesehen war. Die Arbeit war aber noch nicht ausgeführt, als auch schon die Militärverwaltung Gewehrläufe und zwar gleich einige tausend Stück zur Komplettierung verlangte. Hierzu waren geschulte Arbeiter unentbehrlich und schickte dann auch auf Karstens Ansuchen der Staatsrat Karsten einen Rohr- und einen Bajonettschmied von Spandau. Diese richteten im März 1809 die erste Rohrschmiede und die erste Bajonettschmiede zu Malapane ein. Die Forderungen des Gouvernements

[1]) Vergl. Umrisse zu C. J. B. Karstens Leben und Wirken von G. Karsten, Archiv für Mineral. u. s. w. 1855, Bd. XXVI, S. 2.

Digitized by Google

steigerten sich rasch, so dafs die Anlagen fortwährend vergröfsert werden mufsten. Ende Mai waren bereits 24 Mann bei der Waffenfabrikation beschäftigt. Im Juli war man soweit, dafs man wöchentlich 30 Stück sämtlicher geforderter Armaturteile liefern konnte. Die Fabrikation war sehr erschwert, weil man sich mit vorhandenen, für den Zweck nicht eingerichteten und provisorischen Bauten behelfen mufste, indem die ganze Arbeit nur als eine vorübergehende angesehen wurde. Auch riefen die Gebrüder Schickler von Spandau ihre gelernten Arbeiter schon im Juli wieder zurück. Trotzdem machte die Fabrikation, welche Karsten unablässig zu verbessern suchte, von Monat zu Monat Fortschritte. Ende 1810 hatte die Armaturfabrik 35 Arbeiter und die Rohre wurden nicht mehr mit der Hand, sondern mit Wasserhämmern geschmiedet. Während aber die Militärbehörde bis Ende 1810 zufrieden gewesen war, wenn die Läufe nur die Schufsproben aushielten, steigerte sie auf einmal ihre Ansprüche bedeutend. Es wurde ein neues Modell eingeführt, die Läufe leichter und dünner vorgeschrieben und grofse Strenge bei der Abnahme angeordnet. Vorübergehend war dies zum Nachteil der Fabrik; bei dem eifrigen Streben und dem guten Willen der Arbeiter und der Beamten wurden aber auch diese Schwierigkeiten überwunden und in den Jahren 1811 und 1812 Waffen von vorzüglicher Güte geliefert. So waren die schlesischen Werkstätten wohl vorbereitet, als im Jahre 1813 die Anforderungen durch die allgemeine Landesbewaffnung sich auf einmal aufserordentlich steigerten. Jetzt mufsten Waffen aller Art: verschiedene Sorten Büchsen-, Karabiner-, Pistolenläufe, Pionier-, Husaren- und Kürassiersäbelklingen geliefert werden. Aber die Geschicklichkeit der Arbeiter war dieser schweren Aufgabe gewachsen. Die Armaturfabrikation beschäftigte 78 Mann als regelmäfsige Arbeiter, nämlich: 3 Plattinenschmiede, 10 Rohrschmiede, 27 Bohr- und Dreharbeiter, 8 Schleifer, 6 Bajonettschmiede, 2 Ladestockschmiede, 13 Garniseurarbeiter, 1 Kolber, 3 Bajonettausfeiler, 2 Härter, 1 Feilenhauer, 1 Beschauer, 1 Rohrschrauber. Mit diesen und den übrigen Hülfsmitteln konnten etwa 5000 Musketengarnituren jährlich geliefert werden. Bis zum August 1814 hatte die Armaturfabrik zu Malapane ungefähr 18000 vollständige Schiefswaffen der Armee geliefert. Am 8. Septbr. 1814 wurde die Malapaner Gewehrfabrik der Militär-Armaturverwaltung übergeben und von dieser nach Neifse verlegt, nachdem Karsten die Notwendigkeit der Gründung einer selbständigen Gewehrfabrik unter Hinweis auf den Schaden, welche der Hüttenbetrieb von Malapane durch diesen interimistischen Zustand erleide, dargelegt hatte.

Digitized by Google

Die Leistungen von Malapane bildeten nur einen Teil dessen, was von der schlesischen Eisenindustrie für die Ausrüstung der preufsischen Armee damals geschah. Auf allen königlichen Hochofenhütten wurden Kanonen und Kugeln gegossen; auf mehreren Frischfeuern zu Malapane und Creutzburger Hütte wurden Hämmer zur Anfertigung geschmiedeter Kartätschenkugeln eingerichtet. Alle diese Einrichtungen und Arbeiten wurden von Karsten geleitet, der überall selbst anwesend war und die Arbeiter zur Thätigkeit antrieb. — Munition hatte man zu Malapane und Gleiwitz schon seit lange gegossen. Bald nach dem unglücklichen Jahre 1806, in dem Preufsen grofse Verluste an Metallgeschützen gehabt hatte, faſste man den Plan, dieselben durch eiserne zu ersetzen. Doch wurde diese Arbeit nur langsam nnd nebenher versuchsweise betrieben. Erst im Oktober 1809 wurde in Gleiwitz ein Sechspfünder gegossen, der den Anforderungen der Militärbehörde genügte. Auch hiernach ging es in derselben gemächlichen Weise fort, bis im Anfang des Jahres 1813 plötzlich die Ausführung des Geschützgusses in grofsem Mafsstabe verlangt wurde. Scharnhorst war es, der Karsten zuerst hiervon benachrichtigte. Vom April 1813 an folgten die Bestellungen in rascher Aufeinanderfolge. Bis Ende Juli waren schon mindestens 59 Stück eiserne Geschütze gegossen, gebohrt und abgeliefert. Die Herstellung der massenhaften Munition, die verlangt wurde, machte weit weniger Schwierigkeiten, weil die Hütten darauf eingerichtet und die Arbeiter darin geübt waren. Malapane allein erhielt in einem Monat folgende Bestellungen:

Am	26.	April	1813	2000 Stück	50pfündige	Bomben,
„	14.	Mai	„	2000 „	7 „	Granaten,
			„	4000 „	6 „	Kanonenkugeln,
„	25.	„	„	6000 „	7 „	Granaten,
			„	12000 „	6 „	Kanonenkugeln.

Trotz aller Anstrengungen war es nicht immer möglich, alle Bestellungen rechtzeitig abzuliefern und Karsten hatte bei seiner angestrengten Thätigkeit auch noch mit der Ungeduld der Militärverwaltung zu kämpfen. Gleiwitz lieferte in den zehn Wochen vom 10. Juni bis 20. Juli 1813:

3100	Stück	7pfündige	Granaten,
6200	„	10 „	„
1500	„	50 „	Bomben,
17800	„	6 „	Kanonenkugeln.

Digitized by Google

Malapane und Gleiwitz zusammen gossen wöchentlich etwa 600 Ctr. Munition.

Nachdem der Kriegssturm sich gelegt hatte, konnte die königliche Hüttenverwaltung wieder mehr für Verbesserungen des laufenden Betriebes thun.

1815 wurde zu Gleiwitz ein stärkeres eisernes Cylindergebläse und eine Dampfmaschine aufgestellt, wodurch dem Ofen pr. Minute 2600 rhein. Kubikfufs Wind von $1^1/_2$ bis 2 Pfund Pressung auf den Quadratzoll zugeführt wurde. In der Hochofenhütte befand sich der sehr geräumige Formraum für die Herd- und Kastengiefserei im Sand und für den Massenguís. Es befanden sich ferner 2 Kupolöfen, 2 Flammöfen, 3 Darrkammern, 1 Dammgrube und 4 Krahnen darin. Das Lehmformhaus war ein besonderes Gebäude für sich mit vier gröfseren Flammöfen, so dafs Gufsstücke bis zu 150 Ctr. bequem gegossen werden konnten. Ein drittes Gebäude, die sogenannte Kupolofenhütte, enthielt zwei Kupolöfen mit besonderem Cylindergebläse. Hier wurden die kleineren und feineren Sachen gegossen. Die Bohr-, Dreh- und Schleifhütte war ein viertes Gebäude. In diesem hatte man die 90zölligen Cylinder für die Trockenregulatoren der Königshütte ausgebohrt. Unter den vielen Nebengebäuden befand sich auch eine besondere Emaillierhütte für emailliertes Kochgeschirr.

Die grofsartigste Hochofenanlage nicht nur Schlesiens, sondern des Kontinents war damals die Königshütte. Die erste Anlage war auf zwei Hochöfen (von je 43 Fufs Höhe) berechnet, welche beide im Jahre 1802 in Betrieb kamen, doch war die Erweiterung um zwei weitere Öfen vorgesehen. 1806 wurde denn auch bereits der dritte Hochofen erbaut, dem man aber nur eine Höhe von 38 Fufs bei 9 Fufs Weite im Kohlensack geben konnte. 1818 folgte dann der vierte Hochofen. Zwei 40zöllige Dampfmaschinen setzten zwei Cylindergebläse von 75 Zoll Durchmesser und 7 Fufs Hub in Gang, wodurch jedem der beiden Öfen 2400 Kubikfufs Wind von $2^3/_4$ bis 3 Pfd. Pressung in der Minute zugeführt wurden. Jedes Gebläse hatte seinen besonderen Trockenregulator von 90 Zoll Durchmesser, welche beide zusammen mit einem gemeinschaftlichen Wasserregulator verbunden waren. Doch mufste man die beiden Trockenregulatoren abwerfen, weil die Kolben, obgleich mit 16000 Pfd. Gewicht beschwert, doch öfter vom Wind über den Rand geworfen wurden. Die einfach wirkenden Gebläsemaschinen wurden 1818 in doppeltwirkende umgebaut.

Im Jahre 1809 waren in Oberschlesien folgende Eisenwerke mit den beigefügten Produktionen in Betrieb:

Digitized by Google

Erzeugung:

46	Hochöfen	315018 Ctr.	Roheisen
150	Frischfeuer	192930 „	Stabeisen
1	Löschfeuer	7350 „	Renneisen
9	Cementwerke	500 „	Cementstahl
2	Stahlraffinierhämmer	400 „	raffinierten Stahl
2	Schwarzblechhämmer	1230 „	Sturzblech
1	Weifsblechhammer	400 Fafs	Weifsblech
20	Zain-, Zeug- und Breithämmer	11814 Ctr.	Zaineisen
		10600 Stück	Schaufeln
		5000 „	Sägen
		200 Ctr.	Amboſse
		7000 Stück	Pfannen
1	Strohmesser- und Sensenwerk	150000 Ctr.	Strohmesser und Sensen
1	Eisendrahtwerk	200 „	Eisendraht
10	Schlackenpochwerke	4466 „	Waseheisen.

Von dem erzeugten Roh- und Waseheisen wurden 295577 Ctr. zu Stabeisen verfrischt, wovon etwa 90000 Ctr. aufser Land gingen[1]).

Der Wert der auf den königlichen Werken erzeugten Eisen- und Stahlsorten betrug 1143440 Thlr.

Auf den zahlreichen Privathütten Oberschlesiens zählte man 1816 40 Hochöfen, 127 Frischfeuer, 26 Zainhämmer, 1 Schwarzblechwalzwerk, 1 Weifsblechwalzwerk und 2 Drahtzüge. Unter den 40 Hochöfen befand sich nur einer, welcher mit Koks betrieben wurde, auf der Hohenlohhütte, der von dem Engländer Baildon erbaut und 1805 in Betrieb gesetzt wurde. Der im Jahre 1808 auf der Antonienhütte bei Neudorf, die dem Grafen von Henkel gehörte, errichtete Hochofen wurde erst von 1820 an regelmäfsig mit Koks betrieben. Um die Holzkohlenhochöfen hat sich der Oberhütteninspektor Vofs grofse Verdienste erworben; ebenso um Verbesserung der Frischhütten auf vielen Privatwerken. Zwei Holzkohlenhochöfen hatten eiserne Cylindergebläse. Alle neuen von Vofs gebauten Frischhütten hatten hölzerne Kastengebläse. Die Privatwerke produzierten 1816 nach ihren (wahrscheinlich zu niedrigen) Angaben:

181863 Ctr. Roheisen,	2089 Ctr. Schwarzblech,
122800 „ Stabeisen,	251 Fafs Weifsblech,
13334 „ Zain- und Bandeisen,	110 Ctr. Eisendraht.

Sie beschäftigten dabei 1222 Arbeiter. Wird der Preis des Roheisens mit $1\frac{1}{2}$ Thlr., des Stabeisens mit 4 Thlr., des Zaineisens mit 5 Thlr. für den Centner in Ansatz gebracht, so betrug der Produktions-

[1]) Aus Journal für Fabriken u. s. w. 1810, S. 265.

Digitized by Google

wert der Privathütten 868141 Thlr. 12 Gr. Die gesamte Eisenproduktion Oberschlesiens belief sich im Jahre 1816 auf 1162620 Thlr. an Wert und beschäftigte 1815 Hüttenarbeiter.

Die preufsische Regierung war in den schweren Zeiten der Fremdherrschaft von 1806 bis 1813 mit redlichem Eifer bemüht, die Industrie in ihrem verkleinerten Gebiete in jeder Weise auch durch eine vernünftige Handelspolitik zu befördern. Die im Dezember 1808 erlassene „Geschäftsinstruktion" sprach bereits freiheitliche Grundsätze, wie Unbeschränktheit der Erzeugung und Veredlung der Produkte, Erleichterung des Verkehrs und Freiheit des Handels nach innen und aufsen aus. Am 2. November 1810 wurde die Gewerbefreiheit eingeführt.

Die Gründung der königlichen Eisengiefserei in Berlin im Jahre 1803 war auch ein Werk des Grafen v. Reden. Bereits im Jahre 1789 war die Gründung einer Eisengiefserei in Berlin von dem Minister v. Heinitz und der Bergwerks- und Hüttenadministration ins Auge gefafst worden und war deshalb der Faktor Brauns von Zehdenik nebst einem tüchtigen Former dem Grafen Reden auf seiner Reise nach England beigegeben worden. Vielerlei Hindernisse hemmten aber die Ausführung, die erst 1803 durch Ankauf der alten Schleifmühle an der Panke, in welcher der Besitzer Voigt schon früher eine kleine Privatgiefserei betrieben hatte, zu stande kam. 1804 wurden die ersten wohlgelungenen Versuche gemacht, aus Steinkohlenroheisen in Tiegeln mit Koksfeuer Gufswaren zu giefsen. 1805 wurde nach den Bauanschlägen des Bauinspektors Wedding zu Königshütte die Kupolofen- und Tiegelgiefserei erbaut[1]). Durch vorzügliche Leistungen, sowie durch mustergültige Einrichtungen erwarb sich bald die königliche Eisengiefserei einen europäischen Ruf.

Die westlichen Provinzen Preufsens waren durch die Niederlage von 1806 verloren gegangen. Obgleich diese Landesteile, wie überhaupt das ganze westliche Deutschland schwer unter den politischen Verhältnissen zu leiden hatte, so war doch die Eisenindustrie für die kriegerischen Bedürfnisse zu wichtig, um nicht auch von dem Sieger geschont und gepflegt zu werden und wichtige Keime für die Zukunft wurden in jener Zeit gepflanzt. Am besten ging es verhältnismäfsig den linksrheinischen Gebieten, welche schon von Anfang des Jahrhunderts an mit Frankreich verbunden waren.

---

[1]) Das Weitere ist nachzulesen in Cramers Geschichte der königlichen Eisengiefserei in Berlin, Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen des preufs. Staates 1875, S. 164.

Digitized by Google

Diese nahmen unter französischer Herrschaft grofsen Aufschwung, besonders die Werke in der Eifel, im Mosel- und Saargebiet, die grofsenteils durch Verkauf seitens der französischen Regierung in Privathände übergingen. Von der Eifel wurden grofse Mengen von Eisen über Malmedy nach Lüttich gebracht, um in den dortigen Waffenfabriken zu Gewehrläufen verarbeitet oder bei den grofsartigen Hafenbauten zu Boulogne und anderen Seeplätzen verwendet zu werden. Als bekannte Eisenfabrikanten der Eifel wurden damals schon genannt: Cramer, Pönsgen, Schöller, Virmond, Bastian, Paschen, Axmacher und später Zöller.

Zu Anfang des laufenden Jahrhunderts hatten im Saargebiet, dem französischen Saardepartement, die Eisenhütten zu Neunkirchen, welche im Jahre 1806 in den Besitz der Gewerkenfamilie Stumm überging, 2 Hochöfen und 4 Frischfeuer nebst Gieſserei; Geislautern 2 Hochöfen, 3 Frischfeuer, 1 Schwarzblech- und Weifsblechfabrik; Fischbach 1 Hochofen; Halberg 4 Frischfeuer und Gieſserei; St. Ingbert 1 Hochofen und 2 Frischfeuer; Drahtzug 1 Blechhammer, und das Stahlwerk zu Gaffontaine 4 Rohstahl- und 5 Raffinierfeuer als im Betrieb befindlich aufzuweisen. Im Moseldepartement hatte die Dillinger Hütte 2 Frischfeuer und 15 kleine Feuer, die Bettinger Schmelze 1 Hochofen, die Hütten zu Creutzwald 2 Hochöfen, Falk 1 Frischfeuer, Homburg und St. Fontaine je 2 Frischfeuer. Die sämtlichen Hütten beschäftigten einschlieſslich der Erzgräber und Köhler gegen 1000 Arbeiter. Die dargestellten Eisenwaren gingen gröſstenteils nach den benachbarten rheinischen Departements und nach Holland; die Stahlfabrikate und Bleche dagegen fast ausnahmslos nach Metz und Paris, wo gröſsere Magazine für dieselben bestanden. Die Gebrüder Friedrich Philipp, Christian und Ferdinand Stumm erwarben 1809 auch die Hälfte der Halberger und Fischbacher Hütte.

Martin de Wendel hatte auf den lothringischen Hütten zu Hayange viele Verbesserungen eingeführt, so 1802 ein Walzwerk, 1810 den ersten Puddelofen und namentlich die englischen Kolbengebläse [1]). Sein Beispiel fand bei den Saarbrücker Hütten Nachahmung. Für Geislautern wurden zwei neue Hochöfen mit Koksbetrieb projektiert. Die Formerei und Gieſserei erfuhren durchgreifende Verbesserungen, namentlich infolge des Kanonen- und

[1]) Das erste Kolbengebläse zu Hayange hatte einen gemauerten Gebläsecylinder, welcher innen mit einem mit Eiweiss angemachten Cement ausgestrichen wurde.

Digitized by Google

Munitionsgusses, welcher aufser auf dem Neunkirchener Werke auch auf den benachbarten alten Hochwaldhütten der Gebr. Stumm zu Asbach, Abentheuer und Weilersbach im Schwung war; die Kanonen wurden aus dem Vollen gebohrt, die Kugeln zum Teil gehärtet und poliert.

Für die Stabeisenfabrikation war die Harzer Kleinfrischerei eingeführt; Steinkohle wurde nur zum Heizen und Wärmen gebraucht. Das Halberger Werk, auf welchem wöchentlich 70 bis 80 Ctr. gutes Stab- und Rundeisen geschmiedet wurden, lieferte Wagenachsen für die französische Artillerie.

1802 begann man zu Dillingen die ersten englischen Blechwalzwerke zu bauen; das erste gewalzte Schwarzblech wurde gegen Ende des Jahres 1804 fabriziert. Von Anfang 1805 an wurde auch Weifsblech fabriziert, welches auf der Pariser Ausstellung von 1808 bereits die grofse goldene Medaille erhielt.

Die Gaffontainer Stahlhütte verarbeitete fast ausschliefslich Rohstahleisen von Bendorf. Der produzierte Cementstahl (gegen 1800 Ctr. jährlich) wurde hauptsächlich zu Werkzeugen, Feilen, Wagenfedern und Sensen benutzt. Man schlug deutsche Zeichen auf denselben und verkaufte ihn als „preufsischen" Stahl. Bei der ungeheuren Höhe des französischen Eingangszolles für Stahl (49 Fr. 50 Cent. auf 100 kg) blieb der echte preufsische (bergische) Stahl vom französischen Markte vollständig ausgeschlossen.

Die rechtsrheinischen westlichen Provinzen Preufsens gelangten in dieser Zeit ebenfalls teils unmittelbar, teils mittelbar unter die Napoleonische Herrschaft. Die geschichtlichen Überlieferungen über die Eisenindustrie jener Gebiete sind lückenhaft. Bis 1804 reichen die klassischen Berichte von Eversmann in seiner Übersicht der Eisen- und Stahlerzeugung auf Wasserwerken in den Ländern zwischen Lahn und Lippe, auf die wir verweisen.

Als ein wichtiges Ereignis für die zukünftige Entwickelung der deutschen Stahlindustrie müssen wir die Gründung der Firma Friedrich Krupp in Essen im Jahre 1810 bezeichnen.

Am 12. April 1800 hatte die „ältere" Witwe Krupp, geb. Ascherfeld, die von dem königlich preufsischen Fiskus zur Subhastation ausgesetzte Gutehoffnungshütte bei Sterkrade für 12000 Reichsthaler Berl. Kour. mit allen Pertinenzien und Gerechtigkeiten und dem dazu gehörigen Wohnhause käuflich erworben. Sie war hierzu veranlafst worden, weil sie eine Obligation auf das Werk hatte für eine Forderung von dem falliten Besitzer Eberhard Pfandhöfer.

Digitized by Google

Die energische Frau setzte alsbald das Hüttenwerk wieder in Betrieb; aber die kriegerischen Zeiten liefsen es zu keiner gedeihlichen Entwickelung kommen. Am 27. Juni 1807 schenkte sie das Werk ihrem am 17. Juni 1787 geborenen Enkel Peter Friedrich Krupp, der dadurch mit dem Eisenhüttenwesen in unmittelbare Verbindung kam. Am 15. Mai 1807 machte aber die Grofsmutter Krupp die Schenkung wieder rückgängig, vermutlich weil das Werk in den schweren Zeiten ohne Nutzen arbeitete und sich eine Gelegenheit zum Verkauf gefunden hatte. Am 14. September 1808 verkaufte Frau Krupp die Gutehoffnungshütte an Heinrich Huyssen in Essen. Der Kaufvertrag wurde am 16. November 1808 unterschrieben, und zwar einerseits von der Witwe Krupp, geb. Ascherfeld, unter Assistenz des Justizkommissars Tutmann und ihres Enkels Friedrich Krupp, andererseits von Heinrich Huyssen, Gerhard und Franz Haniel und Gottlob Jakobi. So finden sich unter diesem bedeutungsvollen Aktenstück die Namen der Begründer der modernen Eisenindustrie des Ruhrgebietes vereinigt [1]).

Die Käufer Huyssen, Haniel und Jakobi, von denen Gottlob Jakobi, den wir wiederholt erwähnt haben, mit den beiden Brüdern Haniel die Eisenhütten Neu-Essen und St. Antony besafs, vereinigten durch Gesellschaftsvertrag vom 5. April 1810 alle drei Hütten zu der berühmten Gewerkschaft Jakobi, Haniel & Huyssen.

Nachdem im Jahre 1802 das Stift Essen aufgelöst worden war, hatte sich die Fürstin von den industriellen Unternehmungen zurückgezogen und ihren $^3/_4$ Anteil der St. Antonyhütte durch Vertrag vom 10. Mai 1805 und ihren gleichen Anteil an Neu-Essen an die Gebrüder Gerhard und Franz Haniel zu Ruhrort verkauft, welche am 7. August desselben Jahres bei dem Oberbergamt in Essen die Anzeige machten, dafs sie gewillt seien, in Gemeinschaft mit dem Inspektor Gottlob Jakobi diese Hütten in Betrieb zu setzen. Nach Vereinigung mit der Gutehoffnungshütte wurde Jakobi 1810 die Direktion der vereinigten Werke übertragen.

Im Oktober desselben Jahres 1810 übernahm Friedrich Krupp das von seiner Mutter geführte Spezereigeschäft in Essen und gründete damit die berühmte Firma Friedrich Krupp. Damals erfüllte das Streben, Gufsstahl wie die Engländer zu machen, viele Eisenindustrielle in Deutschland. Gottlob Jakobi beschäftigte sich damit und ein Bericht aus dem Jahre 1811 sagt von ihm, er habe das Geheimnis

[1]) Siehe W. Grevel, Die Gutehoffnungshütte 1881, S. 10.

Digitized by Google

der Gufsstahlfabrikation schon seit einigen Jahren ergründet. Auch Friedrich Krupp, dessen Neigungen ihn mehr zur Eisenindustrie als zum Kaffeehandel hinzogen, erblickte in der Fabrikation des Gufsstahls die wichtige Aufgabe der Zukunft. Dies veranlafste ihn am 7. Dezember 1811, ein kleines Gut, die Walkmühle bei Essen, mit 5 Morgen Land und Wasserkraft zu kaufen und aufser einem Reckhammer auch ein Schmelz- und Cementiergebäude zu errichten[1]).

Friedrich Krupp ging von dem Grundsatz aus: ohne gutes Eisen kein guter Stahl. Das beste Eisen im westlichen Deutschland war damals das märkische Osemundeisen. Dieses benutzte er zur Herstellung seines Cementstahls. Im Herbst 1812 waren die Einrichtungen seines Werkes soweit gediehen, dafs er anzeigen konnte, dafs er von Ende des Jahres an alle Sorten feinen Stahl, auch Gufsstahl, liefere. Kurz vorher hatte Krupp sein Spezereigeschäft aufgelöst, dagegen auf dem linken Rheinufer in dem damals französischen Städtchen Mörs eine Feilenfabrik errichtet. Hier sollte ein Teil des in Essen fabrizierten Stahls zum Vertrieb nach Frankreich verarbeitet werden, um dadurch den hohen Zoll zu sparen. Doch hat dieses Werk nicht lange bestanden. 1815 verband sich Friedrich Krupp mit Nicolai, welcher in Preufsen ein Patent auf Gufsstahl erhalten hatte. Diese Verbindung war aber keine glückliche. Krupp löste sie bald wieder auf, mufste aber Nicolai nicht nur eine bedeutende Entschädigung zahlen, sondern wurde auch in einen langen Prozefs wegen des Patentes verwickelt.

In demselben Jahre, in welchem die Firma Friedrich Krupp in Essen entstand, gründete John Cockerill, welcher der Begründer der belgischen Eisenindustrie wurde, eine Maschinenfabrik in Lüttich.

Um diese Zeit wurden auch an anderen Orten in Deutschland Versuche mit der Gufsstahlbereitung gemacht (s. S. 31). 1811 kamen die ersten Stahlbrennöfen bei Remscheid in Betrieb.

Die Waffenfabriken in Solingen und Suhl waren infolge der grofsen Rüstungen gut beschäftigt. Remscheid zählte 1803 3200 bis 3500 Eisen- und Stahlarbeiter.

Von der Eisenindustrie der übrigen deutschen Staaten ist aus diesen unruhigen Zeiten nicht viel zu berichten. Durch den Luneviller Frieden und die Säkularisierung der geistlichen Herrschaften, dann durch die Mediatisierung vieler kleiner Fürstentümer trat eine grofse Änderung in den Besitzverhältnissen ein. Dadurch kam auch

[1]) Siehe Alfred Krupp von Friedrich Bädecker, 1889, S. 4.

Digitized by Google

die Ellwangensche Eisenhütte Wasseralfingen 1802 an Württemberg, wo dann 1812 bis 1815 neben Ofenguſs viel Kriegsmunition gegossen wurde.

Im Jahre 1809 waren in Württemberg im Betriebe[1]): das Eisen-, Stahl- und Sensenwerk Friedrichsthal, Eisenwerk und Gewehrfabrik Christofsthal, die Eisen-, Schmelz- und Hammerwerke Ludwigsthal, Bärenthal, Zitzenhausen, Königsbronn mit Itzelberg und Heidenheim, die früher Ellwangenschen Hämmer Unterkochem und Abtsgemünd und das Hüttenwerk Wasseralfingen. Hier war 1804 der alte Schönbornsche Ofen abgebrochen und an seiner Stelle der Friedrichsofen mit einem Kostenaufwand von 4487 Gulden (7630 Mark) errichtet worden. Derselbe wurde am 23. September 1805 von Pfarrer Müller in Hofen eingesegnet. Die Produktion stieg unter der württembergischen Herrschaft rasch; 1804/5 betrug sie 16192 Ctr., 1808/9 31034 Ctr. Guſswaren wurden 1804/5 3590 Ctr., 1810/11 7099 Ctr. gemacht.

Über das Fürstentum Bayreuth liegen folgende statistische Nachrichten[2]) aus dem Jahre 1804 vor: Es wurden betrieben 14 Hochöfen, 8 Zainhämmer, 3 Waffenhämmer, 2 Blechhämmer, 63 Drahtzüge, 1 Rollenhammer; dabei waren 399 Arbeiter beschäftigt. Erzeugt wurden 2067 Tonnen Roheisen, 30 Tonnen Guſswaren, 959 Tonnen Stabeisen, zu 39,10 Mark, 177 Tonnen Zaineisen zu 42,50 Mark, 84 Tonnen Bleche zu 64,60 Mark und 55 Tonnen Draht zu 142,80 Mark die 100 kg, mit einem Holzaufwand von 29544 Klafter. Der gröſste Teil der Produktion ging auſser Land, besonders nach Nürnberg, Bamberg und Würzburg.

Schweden 1801 bis 1815.

In Schweden setzten die Regierung und die Hüttengesellschaft ihre Bemühungen fort, auf dem Wege der Belehrung die Eisenindustrie des Landes zu heben. Auf Kosten der Gesellschaft machten Svedenstjerna und Broling ihre Informationsreisen nach England, deren Ergebnisse veröffentlicht wurden. 1806 bis 1811 erschien mit Unterstützung des Eisenkontors die Zeitschrift Samlingar i Bergvetenskapen von Svedenstjerna und Lidbeck. 1814 gab Lidbeck im Auftrag der Bruckssocietät eine neue verbesserte Auflage von Garneys Hochofenbuch heraus. 1811 und 1813 machte David af Uhr Versuche

[1]) Siehe J. Schall, Geschichte des Hüttenwerks Wasseralfingen, S. 36.
[2]) S. Neues Journal für Fabriken u. s. w. 1810, Bd. IV, S. 140.

Digitized by Google

über die vorteilhafteste Art der Holzverkohlung, deren Ergebnisse 1814 ebenfalls im Druck erschienen.

Schweden besafs damals eine ganze Reihe vorzüglicher Eisentechniker, wie Garney, af Uhr, Svedenstjerna, Norberg, Stockenström, Broling, Lidbeck und andere.

Das Eisenhüttenwesen Schwedens litt aber schwer durch die kriegerischen Verwickelungen und die Kontinentalsperre. 1803 hatte endlich die Regierung die langersehnte Erlaubnis, neue Frischhütten anlegen zu dürfen, gegeben, aber die guten Zeiten waren vorüber. Trotzdem erfolgte ein allgemeiner Ansturm auf Erlangung von Konzessionen weit über den Bedarf und die Roheisenerzeugung hinaus. Viele konnten deshalb gar nicht ausgeführt werden. Die 1803 entstandenen neuen Frischereien waren auf 148 288 Ctr. Stabeisen gegen doppelte Abgabe (2 Proz.) in Eisen zu zahlen und auf 61 089 Ctr. gegen bare Abgabe privilegiert worden. Die Preise stiegen von 1800 bis 1806 von 7 auf 10 Thlr. für das Schiffspfund. Der Export schwankte in dieser Periode sehr, während der heimische Verbrauch 140 000 bis 150 000 Ctr. betrug. 1803 war der Eisenpreis von 7 auf 9 Thlr. Banko pro Schiffspfund gestiegen und wurden 1 123 600 Ctr. verschickt. 1804 dagegen nur 934 200 Ctr., 1805 1 065 311 Ctr., 1806 888 241 Ctr. bei einem Preise von 10 Thlrn.

Es wurden 1802 exportiert nach der Ostseeküste 248 592 Ctr., nach England 597 755 Ctr., nach Holland 30 305 Ctr., nach Frankreich, Spanien und dem Mittelländischen Meer 266 534 Ctr., nach Westindien 28 051 Ctr., nach Ostindien 473 Ctr., zusammen 1 171 710 Ctr.

1805 war in der Organisation des Eisenkontors eine wichtige Änderung eingetreten durch die Anstellung eines Direktors mit dem Sitz in Stockholm, welcher das Verbindungsglied zwischen dem Eisenkontor und den Oberhochofenmeistern bilden sollte. Derselbe wurde aus den Meistern auf drei Jahre gewählt.

Die Ausfuhr von Schweden litt nicht nur durch die politischen Wirren, sondern auch durch die Fortschritte der Eisenindustrie in England, infolge dessen dieses Land immer selbständiger wurde und das ausländische Eisen nur noch für einzelne Zwecke verwendete.

Die Eisenausfuhr Schwedens, welche Ende des 18. Jahrhunderts 340 000 Schiffspfund betragen hatte, sank 1808 auf 186 128 Schiffspfund. Dagegen stieg sie nach Napoleons Sturz 1815 auf die bis dahin unerreichte Menge von 441 340 Schiffspfund.

Die Produktion betrug (nach Karsten):

Digitized by Google

1801	382 737	Schiffspfund
1805	400 797	„
1810	276 773	„
1815	286 662	„

Nach einer anderen Angabe[1]), die aber zu hoch gegriffen sein dürfte, betrug die Produktion 1802 450 000 Schiffspfund; hiervon wurden 350 000 bis 360 000 Schiffspfund exportiert, und zwar wurden verschifft von

Stockholm	120 000	Schiffspfund
Gothenburg	90 000	„
Gefle	30 000	„
Norköping	9000 bis 10 000	„

und etwa 10 000 Schiffspfund in den übrigen Häfen, welche zusammen 2½ bis 3 Millionen Gulden in das Land brachten. Jeder Hütte war ein Hafen für die Ausfuhr bestimmt. Nach England ging mehr als ein Drittel der Produktion. Etwa 90 000 Schiffspfund wurden im Lande verbraucht. Man rechnete 4 Reichsthaler oder 8 Gulden Gewinn auf jedes Schiffspfund.

Nach Hausmanns Angabe erzeugte Schweden um 1806 jährlich etwa 1 800 000 Ctr. Roheisen, woraus 1 500 000 Ctr. Stabeisen, Gufswaren, Stahl, Bleche u. s. w. gemacht wurden. Die Stabeisenerzeugung betrug 1 250 000 Ctr.

Der Versand betrug:

1801	913 249	Ctr.
1803	1 123 602	„
1804	934 200	„
1805	1 065 311	„
1806	888 241	„

Die Ausfuhr verteilte sich 1801 auf

die Ostseeküsten	349 285	Ctr.
England	431 606	„
Holland	10 344	„
Frankreich, Spanien und das Mittelmeer	266 534	„
Amerika	28 051	„
Ostindien	473	„
	913 249	Ctr.

[1]) De Bourgoing, Mémoire statistique sur l'état actuel des mines en Suède, 1804.

Digitized by Google

Unter den zahlreichen Hütten hebt Bourgoing die von Skabo und Osterby, nicht weit von Danemora, und die von Gimo und Ronaes hervor.

Die Eisengewinnung ging bis nach Gellivara, 67 Grad nördlicher Breite und 260 Stunden nördlich von Stockholm. Bei den Hütten kamen die verbesserten Balgengebläse von Windholm damals zu allgemeiner Anwendung. Auch in Schweden bemühte man sich um die Einführung der Gufsstahlfabrikation und die Bruckssocietät setzte 1806 einen Preis von 2000 Thaler aus für den, welcher zuerst 5 Schiffspfund selbstgegossenen Stahl, der dem englischen an Güte gleich käme, herstellte. Um die Gufsstahlfabrikation bemühte sich besonders Broling. David af Uhr verbesserte die Holzverkohlung und machte 1811 bis 1813 eingehende Versuche.

Svedenstjerna und Lidbeck gaben 1806 bis 1811 eine Zeitschrift über das Eisenhüttenwesen heraus, welche vom Eisenkontor unterstützt wurde. Sie war der Vorläufer für die im Jahre 1816 gegründete, für das gesamte Eisenhüttenwesen hochwichtige Zeitschrift Jern-Contorets-Annaler.

Rufsland 1801 bis 1815.

Rufslands Eisenproduktion betrug 1810 nach den Angaben von Storch und Hermann 9756791 Pud (159816 Tonnen) Roheisen und 5889500 Pud (96470 Tonnen) Schmiedeeisen. Hiervon lieferte das Gouvernement Perm allein über zwei Drittel [1]). Die Ausfuhr an Eisen hatte in Rufsland in diesem Zeitabschnitt sich noch mehr vermindert als in Schweden; hieran waren teils die oben angeführten Gründe schuld, teils der wachsende Bedarf im eigenen Lande. Trotz der Grofsartigkeit der russischen Eisenindustrie war dieselbe doch beschränkt durch die verfügbare Holzmenge und konnte deshalb nicht in dem gleichen Verhältnis wachsen wie die übrigen Industrieen. Namentlich trugen aber auch die Gründung der grofsen Blechfabriken im Ural und der hohen Kama zur Verminderung der Ausfuhr von Stabeisen bei. Die Herstellung feiner und mittlerer Bleche wurde eine wichtige Industrie Rufslands.

In dem ersten Jahre des Jahrhunderts war der Eisenhandel mit England noch besonders beeinträchtigt durch die feindselige und verderbliche Politik Kaiser Pauls. Diese erfuhr zwar einen Um-

[1]) Wie sich diese Produktion auf die einzelnen Provinzen verteilt s. Karsten. Eisenhüttenkunde, 3. Aufl., Bd. I, S. 112.

Digitized by Google

schwung nach der Thronbesteigung Kaiser Alexanders, aber die übertriebenen Preise der russischen Eisenwerksbesitzer gaben Veranlassung, dafs die Engländer immer mehr ihren Eisenbezug aus Rufsland auf das notwendigste beschränkten, so dafs zuletzt eigentlich nur noch die Marke C. C. N. D. „alter Zobel" für die Cementstahlfabrikation gekauft wurde.

In Sibirien wurden im Jahre 1801 die vier Berghauptmannschaften Katharinenburg, Goroblagodask, Perm und Bogolowsk wieder hergestellt und der verdienstvolle Hermann als Oberberghauptmann nach Katharinenburg berufen. Damals wurde, wie er angiebt, eine Bevölkerung von 450000 Seelen durch die Berg- und Hüttenwerke unterhalten, worunter die zugeschriebenen Bauern, Beamten, Soldaten u. s. w. mitgerechnet waren. 131 Hüttenwerke standen im Betrieb.

Einen ganz besonderen Aufschwung nahmen die Eisengiefsereien in St. Petersburg[1]), wozu die grofsen Kriege und Kriegsrüstungen am meisten beitrugen. Wie dieselben ursprünglich von Engländern angelegt worden waren, so erhielt sich auch später der englische Einfluls auf sie. Eine der gröfsten der fünf Eisengiefsereien gehörte einem Engländer Namens Baird. Sie war mit einer grofsen Maschinenfabrik verbunden und lieferte hauptsächlich Maschinenguls und Bauguls.

Die vier anderen waren kaiserliche Giefsereien. Von diesen war die bedeutendste die am Peterhofer Weg, 4 Werst von St. Petersburg, gelegene. Sie lieferte aufser Munition auch andere Gufswaren. Die kaiserliche Eisengiefserei in Kronstadt lieferte dagegen nur Munition und zwar 24000 bis 30000 Ctr. im Jahre.

Die vierte bildete einen Teil der kaiserlichen Kolpinaer Fabrik für das See- und Münzwesen. Sie lag 30 Werst von der Hauptstadt an der Ischora und lieferte Munition, Maschinen, Schiffskamine u. s. w.

Die fünfte gehörte zu der grofsen Systerbecker Gewehrfabrik.

In den ersten beiden Giefsereien wurden die Gebläse der Kupolöfen mit Dampf getrieben, zu Kolpina mit Wasser, in Kronstadt gab es nur Flammöfen. Man verwendete in diesen Giefsereien ausschliefslich englische Steinkohlen und glaubte, ohne dieselben sei der Betrieb unmöglich. Als aber 1809 die grofse Handelssperre den Bezug der Steinkohlen verhinderte, fing man an, mit Holzkohlen und Holz zu feuern, wovon man nach Wiederherstellung des freien Verkehrs nur teilweise wieder abging. Man hatte anfangs grofse Schwierigkeiten, mit Holzfeuer die genügende Hitze in den Gufsflammöfen zu erzeugen.

---

[1]) Siehe Karstens Archiv, Bd. II, S. 165.

Digitized by Google

Man legte erst zwei Roste hintereinander, von denen man den von der Feuerbrücke entfernteren tiefer legte, dann legte man den hinteren Rost schief; zuletzt gelang es mit einem grofsen Rost, dessen Stäbe in der Mitte noch einmal unterstützt waren, die Schmelzhitze zu erhalten. Das angewendete Kiefern- und Fichtenholz wurde zuvor gedörrt.

Auch die Kupolöfen mufste man für den Holzkohlenbetrieb umbauen. Man machte sie 10 bis 13 Fufs hoch, 20 bis 30 Zoll weit und gab ihnen zwei oder vier Formen auf zwei Seiten. Die Düsen waren $1^1/_4$ Zoll weit. Ein solcher Kupolofen erhielt 700 bis 800 Kubikfufs Wind in der Minute. Man schmolz 30 Pud (490 kg) in der Stunde. Sollte ungewöhnlich viel Eisen gehalten werden, so wurden bei Öfen mit vier Formen die untersten zwei Formen während des Ganges verstopft und nur durch die oberen geblasen. In dem Bairdschen 20 Zoll weiten Ofen, dessen untere Formen 16 Zoll vom Boden und die oberen 10 Zoll von den unteren abstanden, konnten auf diese Art 20 bis 24 Ctr. Eisen gehalten werden. Die Feuergase der Kupolöfen strichen erst durch einen horizontalen Kanal, in welchem ein grofses Gefäfs mit Wasser stand, in die vertikale Esse. Dadurch wurden die gröfseren Funken aufgefangen und man bedurfte keines so hohen Schlotes.

Das Material, welches verschmolzen wurde, war alte Munition und Roheisen von Gonschoreresk, einer bei Petrosadowsk am Ladogasee gelegenen Hütte. Munition und grofse Stücke gofs man aus den Flammöfen, Platten, Geländer und feinere Ware aus den Kupolöfen.

Auf der dem Engländer Charles Baird gehörigen Giefserei, welche 500 Arbeiter beschäftigte, wurden immer 50 sibirische Berg- und Hüttenleute unterhalten, um dieselben auszubilden.

Wir haben oben erwähnt, dafs die russische Eisenausfuhr nach England im Anfang des Jahrhunderts sehr zurückging. Sie betrug:

	von Archangel	von St. Petersburg
1800	75 581 Pud	908 805 Pud
1801	85 868 „	1 058 281 „
1802	152 781 „	1 421 264 „
1803	74 951 „	1 665 496 „
1804	4 016 „	868 420 „

1804 führte England 14 000 Tonnen Eisen aus Rufsland ein, 1805 nur 5824. Die gesamte Ausfuhr von St. Petersburg betrug:

		hiervon bezog Amerika
1801	1 495 799 Pud	269 709 Pud
1802	2 055 018 „	306 425 „
1803	2 205 707 „	413 822 „

Digitized by Google

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika 1801 bis 1815.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika traten in einem Zustande fortschreitender gedeihlicher Entwickelung in das 19. Jahrhundert ein. Die Bevölkerung war bereits bis auf 5 300 000 Seelen gewachsen. 1802 wurde Ohio als 17. Staat in die Union aufgenommen. Die napoleonischen Kriege in Europa übten aber einen grofsen und nachteiligen Einfluſs auf die Entwickelung der Industrie in den Vereinigten Staaten aus. Die Kontinentalsperre traf den amerikanischen Handel auf das empfindlichste, um so mehr, da die Freistaaten sowohl von Frankreich als auch von England als Feind behandelt wurden. Die Gewaltthätigkeiten Englands, welche zum grofsen Teil in der Eifersucht auf den wachsenden Handel der Union begründet waren, begannen schon im Frühjahr 1806 und wurden von den Vereinigten Staaten mit einer Beschränkung der britischen Einfuhr beantwortet. Hierauf lieſs England eine Reihe feindseliger Handlungen folgen, bis endlich am 18. Juni 1812 der Krieg gegen England erklärt wurde, der erst am 24. Dezbr. 1814 durch den Frieden von Gent beendet wurde. In dieser ganzen Zeit waren die Vereinigten Staaten mehr wie je auf sich selbst angewiesen. Sie waren gezwungen, alle ihre Bedürfnisse selbst herzustellen, wodurch die heimische Industrie, die von der Regierung kräftig unterstützt wurde, einen auſserordentlichen Aufschwung nahm. Ganz besonders gilt dies von der Eisenindustrie. Hierzu kam der erfinderische Geist der Amerikaner, der um jene Zeit Neuerungen von weltgeschichtlicher Bedeutung ins Leben rief. Am bekanntesten ist die Erfindung der Dampfschiffahrt. Fultons erstes Dampfschiff wurde am 3. Oktober 1807 im Hafen von New York vom Stapel gelassen. Ferner fanden die Kettenbrücken in Amerika zuerst ausgedehntere Anwendung. Nach Pope (treatise on bridges) gab es 1811 bereits acht solcher Brücken in verschiedenen Teilen Nordamerikas, darunter hatte die 1809 über den Merrimack im Staate Massachusetts errichtete 244 Fuſs Spannweite. Sie hatte 10 Ketten von 516 Fuſs Länge.

Die erste genaue Statistik der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten wurde 1814 veröffentlicht[1]). Sie bezieht sich auf das Jahr

[1]) A Statement of the Arts and Manufactures of the United States of America as they existed in 1810.

Digitized by Google

1810 und wurde auf Veranlassung des Schatzsekretärs Albert Gallatin bearbeitet. Swank[1]) teilt daraus folgende Zusammenstellung mit:

Werke und Erzeugung	Vereinigte Staaten	Pennsylvanien
Zahl der Hochöfen	153	44
„ „ Flammöfen		6
Gufseisenerzeugung in (Grofs-)Tonnen	53 908	26 878
„ Wert (Doll.)	2 981 277	1 301 343
Zahl der Luppenfeuer (bloomaries)	135	4
Luppeneisen in Tonnen	2 564	?
„ Wert (Doll.)	226 034	16 000
Zahl der Frischschmieden (forges)	330	78
Stabeisenerzeugung in Tonnen	24 541	10 969
„ Wert (Doll.)	2 874 063	1 156 405
Zahl der Zainhämmer (triphammers)	600	?
Erzeugung derselben (Doll.)	327 898	73 496
Walz- und Schneidewerke	34	18
Erzeugung derselben (Doll.)	9 280	4 600
Zahl der Nagelfabriken	410	175
Erzeugung in Pfund	15 727 914	7 270 825
„ Wert (Doll.)	2 478 139	760 862

Selbstverständlich wurde alles Eisen damals noch ausschliefslich mit Holzkohlen bereitet.

Betrachten wir kurz die Fortschritte in den einzelnen Staaten. Ein wichtiges Ereignis war die Eröffnung des Eisengebietes am Champlainsee im Staate New York im Jahre 1800. Das erste Eisenwerk daselbst war eine 1801 errichtete Ankerschmiede zu Willsborough Falls in der Grafschaft Essex. Die reichen Magnet- und Glanzeisenerze des Bezirkes, welcher die Grafschaften Essex, Clinton und Franklin umfafste, wurden ausschliefslich in Luppenschmieden, welche in rascher Aufeinanderfolge entstanden, verhüttet. Die Hammerwerke Neu-Rufsland, Elba und Jay und das Adler-Walzwerk bei Keeseville gehören zu den ältesten Anlagen. Auch zu West Fort Ann in Washington county wurde 1802 ein Rennwerk errichtet. Diese alten, einfachen Rennwerke haben sich in verbesserter Form bis in unsere Tage im Champlaindistrikt erhalten. In den westlich davon gelegenen Grafschaften wurden mehrere Hochöfen zu Anfang des Jahrhunderts erbaut, wie der Rossie-Ofen in St. Lawrence county, der Taberg-Ofen in Oneida county und der Constantin-Ofen in Oswego county. Der 1806 in der Nähe der Sterlinggrube erbaute Southfield-Ofen steht noch und der 1811 erbaute

[1]) Swank, The Manufacture of Iron in all Ages 1892, p. 509.

Digitized by Google

Greenwood-Ofen war bis 1871 in Betrieb. Auch die Nagelfabrikation nahm im Staate New York um diese Zeit einen grofsen Aufschwung. 1807 setzte John Brinkerhoff von Albany ein Walzwerk bei Wynantskill in Betrieb, welches aus russischem und schwedischem Stangeneisen Bleche walzte, die erst in Streifen und diese dann zu Nägeln zerschnitten wurden. Dieses Werk bildet jetzt einen Teil der grofsen Eisen- und Stahlwerke von Troy. Bei der Nagelfabrikation ersetzte man die Handarbeit durch Maschinen und wurden bis zum Jahre 1825 120 Patente für Maschinen zur Fabrikation geschnittener Nägel erteilt.

Im Staate Connecticut wurde in der Grafschaft Litchfield der Bau des Mount Riga-Hochofens 1806 begonnen, aber erst 1810 vollendet. Das vortreffliche Litchfield-Roheisen wird jetzt ausschliefslich zur Herstellung von Hartgufsrädern verwendet. Der Franconia-Hochofen, welcher 1811 bei Franconia in New Hampshire erbaut wurde, stand bis 1865 in Betrieb. Es war für die damalige Zeit eine grofsartige Anlage, in welcher 100 000 Dollars angelegt wurden. Die Vergennes Iron Works war eine andere bedeutende Anlage, die um dieselbe Zeit in Vermont errichtet wurde. Der Stabeisenpreis auf diesem Werke betrug 140 Dollars die Tonne.

In New Jersey gab es im Jahre 1802 150 Hammerwerke, die durchschnittlich mindestens je 20 Tonnen, zusammen also über 3000 Tonnen produzierten; ferner standen von 13 Hochöfen 7 in Betrieb. Vier Schneid- und Walzwerke lieferten ca. 200 Tonnen Schneideisen, wovon die Hälfte zu Nägeln verarbeitet wurde. 1814 oder 1815 errichteten B. und R. Reeves die grofsen Cumberland-Nagel- und Eisenwerke bei Bridgeton, Cumberland county, welche noch bestehen. In dem 1812 zu Patterson errichteten Walz- und Schneidewerk wurden grofse Mengen von Schaufeln, Spaten, Lagergeräten, Backpfannen u. s. w. für die Armee gemacht.

Am bedeutendsten war der Aufschwung der Eisenindustrie in Pennsylvanien. Hier wurden weniger Rennwerke als Hochöfen und Frischfeuer erbaut. Von ersteren erwähnen wir das 1805 eröffnete Luppenfeuer bei Jakobsberg in Northhampton county, welches bis 1849 betrieben wurde, und das 1808 bei Bushkill in North County erbaute. In Lehigh county errichtete David Heimbach mit zwei Genossen im Jahre 1809 den Hampton-Hochofen bei Shimersville. Ein anderer Deutscher, Klemens Rentgen aus der Pfalz, der sich schon früher mit Stahlfabrikation und mit der Herstellung von Bolzen beschäftigt hatte, erhielt am 27. Juni 1810 ein Patent, „Eisen

Digitized by Google

rund zu walzen für Schiffsbolzen u. s. w.". Er baute 1812/13 ein kleines Walzwerk zu Chester in Pennsylvanien und war der erste, der in Amerika Rundeisen walzte.

In der Grafschaft Berks zählte man 1806 8 Hochöfen und 20 Eisenhämmer. Auch in der Grafschaft Schuylkill gab es viele Hämmer, von denen der erste 1801 bei Port Clinton erbaut worden war. Schon vor 1806 wurde auch ein kleiner Hochofen bei Schuylkill Gap in der Nähe von Pottsville errichtet. John Pott, der Gründer von Pottsville, kaufte denselben, liefs ihn niederreifsen und an seiner Stelle einen gröfseren Hochofen mit Hammerwerk, Greenwood furnace and forge, erbauen. In der Grafschaft Delaware gab es 1805 7 Eisenhämmer und eine Eisenschneidemühle. Das Franklin-Walz- und Schneidewerk wurde 1808 und das Brandywine-Walzwerk bei Coatsville 1810 erbaut. In der Nähe von Lancaster gründete Henry Bates Grubb 1808 den Mount Vernon-Hochofen am Conewago und 1809 entstand in derselben Gegend der Conowingo-Ofen. In der Grafschaft York kamen 1805 zwei Eisenhämmer, Spring forge und Codorus forge, in Betrieb und 1810 Fin forge am Muddycreek. In der Grafschaft Franklin wurde im Jahre 1800 der Carrick-Eisenhammer gegründet, der bis 1856 betrieben wurde, ferner der Valley-Hammer bei London 1804. Der Mont Alto-Hochofen entstand 1807 und zwei Eisenhämmer dabei 1809 und 1810. Diese waren bis 1866 in Betrieb. 1815 wurde auch eine Giefserei hinzugefügt. In und um Chambersbury blühte die Nägel- und Schneidwarenfabrikation. 1814 wurde hier die Conococheage-Nagelfabrik errichtet. J. M. Haldeman, der Sohn eines eingewanderten Schweizers aus Neuchatel, verzog 1806 von Lancaster nach New Cumberland, kaufte hier einen Hammer und baute ein Schneid- und Walzwerk dazu. In der Grafschaft Dauphin zählte man 1805 2 Hochöfen und 2 Eisenhämmer. In Columbia county wurde 1802 der Esther-Hochofen bei Catawissa zur Erzeugung von Gufswaren gegründet. 1811 errichtete Francis Mc. Shane eine kleine Schneidnägelfabrik und verwendete angeblich „Anthracit, um Eisen zu schmelzen". Der Catawissa-Hochofen bei Mainville wurde 1815 erbaut. In der Grafschaft Clinton entstand 1810 der Washington-Ofen und 1812 ein Eisenhammer dabei. In Clearfield county erbauten im Jahre 1814 die Deutschen Peter Karthaus aus Hamburg und der Geistliche Friedrich W. Geissenhainer aus Mühlberg in Sachsen einen Hochofen am Mosquito Creek. Im Juniatathal errichtete 1802 John Dunlop den Logan-Hochofen, drei engl. Meilen von Bellefonte, und 1810 entstand der Tussey-Ofen bei Fergusson. 1808 erwarben

Digitized by Google

Georg Anschütz und Georg Schönberger den vierten Teil der Huntingdon-Hütte und errichteten ein bedeutendes Eisenschneidwerk dabei. Der Juniata-Hammer bei Petersburg wurde 1804 von Samuel Fahnestock und Georg Schönberger, der ihn 1805 allein übernahm, erbaut. Dieser Georg Schönberger war als ein Sohn deutscher Eltern in der Grafschaft Lancaster geboren, von wo er mit seinem Bruder Peter in die Grafschaft Huntingdon ausgewandert war und sich am Shavers Creek angesiedelt hatte. Er gründete verschiedene Eisenwerke, die er nach seinem Tode 1814(?) seinem Sohn Dr. Peter Schönberger vererbte. Am Spruce Creek entstanden in dieser Zeit eine Reihe von Hammerwerken. 1810 wurden der Union-Ofen und der Pennsylvania-Ofen, der bis 1888 in Betrieb stand, erbaut. — In der Grafschaft Blair entstand 1805 der Etna-Ofen am Juniatafluſs. Der zweite Ofen dieser Grafschaft war der 1811 erbaute Alleghany furnace. 1815 wurde Springfield furnace von den Brüdern Georg und Daniel Royer erbaut. In der Grafschaft Bedford entstand 1800 der Hopewell-Hochofen, 1806 der Lemnos-Eisenhammer mit einer Eisenschneidmühle. Beide Werke waren von William Lane von Lancaster gegründet. In der Grafschaft Mifflin standen Hochofen und Eisenhammer der Freedom-Hütte 1812 da, wo 1867 der bekannte Emma-Hochofen errichtet wurde. Der Eisenhammer ging bis 1878. Dieses Hüttenwerk besaſs 40000 Acker Land und gehörte damals der Freedom-, jetzt der Logan-Eisenwerks-Gesellschaft. In der Grafschaft Perry baute General Lewis 1804 den Mount Vernon-Eisenhammer. Der Juniata-Hochofen, 3 engl. Meilen von New Port, wurde 1808 erbaut. Obgleich der Transport des Juniata-Eisens beschwerlich und kostspielig war, so war es doch auf den östlichen Märkten seiner Güte wegen sehr geschätzt.

In West-Pennsylvanien, westlich von den Alleghanies, baute Jeremias Pears das erste Walz- und Schneidwerk vor 1804 in Menallen. John Hayden errichtete 1804 den Fairchance-Hochofen in der Nähe von Unionstown, der bis 1887 betrieben wurde. 1805 gab es in der Grafschaft Fayette 5 Hochöfen und 6 Eisenhämmer. In demselben Jahre wurde ein Walz- und Schneidwerk bei Connelsville von John Gibson erbaut. 1811 zählte man schon 10 Hochöfen, 1 Flammofen, 8 Hammerwerke, 3 Eisenschneidmühlen, 1 Stahlofen und 5 Zainhämmer. 1804 wurden auf dem Union-Ofen viele Zuckerkessel für die Plantagen in Louisiana gegossen. Die Zahl der Holzkohlenhochöfen in der Grafschaft Fayette wuchs bis auf 20. Im Jahre 1850 waren aber bereits die meisten erloschen. Der oben

Digitized by Google

angeführte Stahlofen stand bei Bridgeport, nicht weit von Brownsville; er gehörte der Firma Truman & Co. und war bekannt als das Brownsville-Stahlwerk. In der Grafschaft Westmoreland entwickelte sich ebenfalls rasch eine bedeutende Eisenindustrie. 1802 wurde 2 Meilen von Ligonier der Hermitage-Hochofen am Mill creek, der bis 1817 besonders Ofenguſs lieferte, erbaut. 1810 wurden die Hochöfen Mount hope in Donegal und Mount Pleasant errichtet. Washington furnace bei Laughinstown war schon 1809 entstanden. In den folgenden Jahren wurden noch mehrere Hochöfen und Hämmer erbaut. Erstere lieferten meistens Guſswaren für Pittsburg. In Somerset county war Shade furnace, der 1807 oder 1808 entstand, der erste Hochofen. Er verschmolz Sumpferze. In der Grafschaft Beaver wurde an den Bieberfällen 1802 ein Hochofen und 1809 ein Eisenhammer errichtet, die bis 1826 in Betrieb blieben. 1814 erbaute D. B. Müller den Bassenheimofen.

Die erste Eisengieſserei in der Stadt Pittsburg in Alleghany county „the Pittsburgh foundry“ wurde 1805 von Josef Mc Clurg an der Stelle der heutigen Post in der City erbaut. Im Kriege 1812 wurde dieselbe in eine Kanonengieſserei umgewandelt, die Geschütze und Munition für die Regierung goſs. Rasch entwickelte sich hier auch eine groſsartige Nagelfabrikation. 1807 zählte man drei Nagelfabriken, die ca. 40 Tonnen Nägel erzeugten; 1810 war die Produktion schon auf 200 Tonnen gestiegen. Anthony Beelen legte 1810 die zweite Gieſserei in der Stadt an; hierzu kamen 1814 noch zwei weitere. Einen groſsen Umfang hatte 1811 schon die Fabrikation von Werkzeugen und Feilen in Pittsburg erreicht. Christoph Cowan, ein Schotte, errichtete 1811 und 1812 eine groſse Fabrik mit Blechwalz- und Schneidwerk, in der Bleche, Nageleisen, Schaufeln, Sensen, Hacken, Achsen, Bratpfannen und Messer gefertigt wurden. Welchen Umfang die Eisenindustrie Pennsylvaniens im Jahre 1810 bereits erreicht hatte, zeigt die oben mitgeteilte Tabelle. Von den fünf Stahlöfen befand sich einer in der Stadt Philadelphia, je einer in den Grafschaften Philadelphia, Lancaster, Dauphin und Fayette. In der Stadt Philadelphia gab es mehrere Gieſsereien, Maschinenfabriken und Dampfschiffsbauanstalten. 1811 erhielt Edward W. Carr daselbst eine Schraubenschneidmaschine patentiert.

Von den übrigen Staaten der Union ist kurz folgendes zu berichten. In Delaware gab es in Sussex county im Jahre 1810 fünf Eisenhämmer, wahrscheinlich Rennwerke. Der Collins-Hammer, der 1808 vom Gouverneur John Collins am Gravelly-branch errichtet

Digitized by Google

worden war, ging bis 1850. 1810 gab es drei Eisenschneidmühlen in New Castle county.

In Columbia gab es 1812 eine Ankerschmiede bei Washington und eine Kanonengiefserei zu Georgetown am Potomac. Das erste Walzwerk westlich des Alleghanygebirges war das Eisenwerk am Cheatriver, das 1812 einen Hochofen, Eisenhammer, Walz- und Schneidwerk und eine Nägelfabrik umfafste.

In Nord-Carolina entwickelte sich die Eisenindustrie weiter, doch entstanden nur Rennwerke, für welche die reichen Magnet- und Hämatiterze des Landes sehr geeignet waren. 1810 zählte man 18 Rennwerke und nur 2 Hochöfen, den Madison und den Rehoboth furnace, beide in der Grafschaft Lincoln. Die Rennwerke wurden mit Wassertrommeln (trompes), die Hochöfen mit Holzcylindergebläsen (tubs) betrieben.

In Süd-Carolina gab es 1810 9 Rennwerke, ferner einen 1802 erbauten Flammofen in der Giefserei zwischen den Flüssen Cooper und Ashley, welche gute Waren lieferten.

Die Eisenindustrie von Georgia nahm erst im 19. Jahrhundert ihren Anfang. 1810 war 1 Rennwerk, 1 Frischhammer und 1 Nagelfabrik im Betrieb.

In Kentucky zählte man 1810 4 Hochöfen, 3 Frischschmieden und 4 Nagelfabriken in Lexington. 1815 verschmolz Richard Deering zum erstenmal Erze vom Hanging Rock. Der Versuch gelang und daraufhin baute er einen Hochofen „Argillite“ in Greenup county, 25 Fufs hoch und 6 Fufs weit, ganz in einem Felsen von schwarzem Schiefer ausgehauen. Die Produktion dieses Ofens war aber gering und blieb er nur einige Jahre in Betrieb.

Der Anfang der Eisenindustrie des Staates Ohio fällt zusammen mit der Zeit seiner Aufnahme in die Union. Diese erfolgte 1802, und 1803 blies Daniel Eaton den ersten Hochofen „Hopewell“ an. 1806 erbauten R. Montgomery und John Struthers den Montgomery furnace, der täglich $2^1/_2$ bis 3 Tonnen Eisen hauptsächlich als Gufswaren lieferte. Was von Roheisen fiel, wurde nach Pittsburg verkauft. 1807/8 wurden der Dall-Ofen bei Neu-Lissabon in Columbia county, 1808 Dillons-Ofen und -Hammer, die bis 1850 in Betrieb standen, 1812 der Mosquito Creek-Ofen bei Nilstown von James Heaton erbaut. Diesen folgten 1811 bis 1816 drei weitere Hochöfen in Adams county, welche die Raseneisensteine von Brush Creek valley verschmolzen. Der Old Steam furnace entstand 1814.

Die Stahlfabrikation in den Vereinigten Staaten blieb auch

Digitized by Google

in dieser Periode in sehr bescheidenen Grenzen. 1805 gab es erst zwei Stahlöfen in Pennsylvanien mit einer Jahresproduktion von 150 Tonnen. Die ganze Stahlproduktion der Union im Jahre 1810 betrug 917 Tonnen, wovon 531 auf Pennsylvanien entfielen. Auf den Sterling Works bei New York machte Peter Townsend jun. aus amerikanischem Stabeisen Cementstahl, angeblich so gut wie aus schwedischem. 1813 wurde der erste Stahlofen in Pittsburg von Tuper und McCowan gebaut. Die Produktion der Eisenwerke im Staate New York betrug 1811 für 300000 Doll., in Connecticut für 250000 Doll., in Pennsylvanien für 5 869 487 Doll.

Während die gesamte inländische Eisenerzeugung 1810 auf 12 bis 15 Millionen Dollars geschätzt wurde, betrug der Wert des eingeführten Eisens 4 Millionen.

In den beiden staatlichen Waffenfabriken zu Springfield und Harpers Ferry wurden um 1810 jährlich 19000 Musketen gemacht Die Waffenfabrik zu Richmond lieferte 4000 Gewehre im Jahre und während des Krieges wurden hier 300 Geschütze gegossen.

Digitized by Google

Die Zeit von 1816 bis 1830.

Einleitung.

Auf die gewaltigen Kriegsstürme der napoleonischen Zeit folgte eine Ära des Friedens und der Ruhe. Zunächst war es eine Erschlaffung, welche sich als Gegenwirkung der Aufregungen der voraufgegangenen Periode geltend machte. Dieser folgte aber ein eifriges Streben, durch friedliche Thätigkeit auf den Gebieten des Handels und der Industrie die schweren Opfer, welche der allgemeine Kriegszustand allen europäischen Staaten, wenn auch in verschiedenem Maſse, auferlegt hatte, wieder zu ersetzen.

England hatte den gröſsten Vorteil an Napoleons Sturz, ihm fiel die Beute des Sieges von selbst in den Schoſs. Durch seine Inselage war es von den Verwüstungen des Krieges verschont geblieben und wenn es sich auch eine ungeheure Schuldenlast aufgeladen hatte, so ging es doch ungeschwächt aus dem groſsen Wettkampf hervor. Ihm fiel mit dem Siege auch die Suprematie in Europa zu. Sein immer mehr anwachsender Reichtum, welcher sich auf seinen Welthandel und seine groſsartige Industrie stützte, bildete hierfür die Grundlage. Der Vorsprung, welchen die englische Industrie bereits vor der französischen Revolution erlangt hatte, war noch bedeutend vermehrt worden durch die groſsen Fortschritte auf technischem Gebiete während der Herrschaft der Republik und des Kaiserreiches in Frankreich. Nach der Rückkehr des allgemeinen Völkerfriedens konnte England die Früchte seiner Erfindungen und Verbesserungen ungehindert einernten. Die Eisenindustrie, das Rückgrat der englischen Industrie, nahm einen ungeahnten Aufschwung. Die Überlegenheit Englands auf diesem Gebiete trat so deutlich zu Tage, daſs sie trotz allen nationalen Selbstgefühls bedingungslos anerkannt werden muſste und die Staaten des Kontinents ihre einzige Aufgabe zur Hebung ihrer Eisenindustrie darin suchten, England nachzuahmen.

Digitized by Google

Frankreich, obgleich es ungeheure Opfer an Geld und Menschenleben dem nationalen und dem napoleonischen Ehrgeiz geopfert hatte, war nicht sehr verarmt. Anderseits war es aber verhältnismäfsig am allermeisten in seiner Eisenindustrie zurückgeblieben. Jetzt, da durch den Frieden die feindliche Scheidewand gegen England gefallen war, suchten der Staat und die Industriellen von der englischen Nachbarschaft durch Verpflanzung der besseren englischen Einrichtungen nach Frankreich Vorteil zu ziehen. In Belgien und Frankreich entwickelte sich eine neue grofsartige Eisenindustrie auf dieser Grundlage. Bezeichnend ist, dafs dieser mächtige Umschwung und Aufschwung durch englische Unternehmer herbeigeführt wurde. In Belgien war es der geniale John Cockerill, welcher das Eisenwerk zu Seraing und die moderne Eisenindustrie dieses Landes schuf, in Frankreich waren es die Engländer Manby, Wilson & Co., welche das grofse Eisenwerk zu Charenton bei Paris gründeten, das Muster und Ausgangspunkt für die moderne französische Eisenindustrie geworden ist. Wir werden später auf diese für den ganzen europäischen Kontinent so wichtigen Gründungen noch näher zu sprechen kommen.

Nicht in gleichem Mafse nahmen die übrigen Staaten Europas an diesen Fortschritten teil. Schweden und Rufsland waren durch die Natur auf den Holzkohlenbetrieb angewiesen, konnten also an den Verbesserungen der Steinkohlen-Eisenindustrie nur wenig teilnehmen. Deutschland aber war durch seine materielle und politische Ohnmacht aufser Stande, mit England, Frankreich und Belgien gleichen Schritt zu halten. Deutschland war, wie bei allen grofsen europäischen Kriegen, auch diesmal wieder das Schlachtfeld gewesen. Das ohnehin verarmte Land war dadurch schwer heimgesucht worden und konnte sich nur sehr langsam von seiner Zerrüttung erholen. Es fehlte das Kapital, der Unternehmungsgeist und der Mut für industrielle Gründungen. Dazu kam die unselige politische Zerrissenheit, welche durch den traurigen Wiener Frieden noch verschärft und legalisiert worden war. Jeder der etwa 40 Einzelstaaten, welche den neugeschaffenen sogenannten deutschen Bund bildeten, beeilte sich, sein Gebiet mit Zollgrenzen und Schlagbäumen abzusperren. Zwar erkannte jeder einzelne Staat die Verkehrtheit und Schädlichkeit dieses Absperrungssystems an und theoretisch hatte schon die Bundesakte die wirtschaftliche Vereinigung der deutschen Staaten als eine Notwendigkeit anerkannt. Aber kein Staat wollte ein Opfer bringen, jeder sah auf seinen Nachbar mit kurzsichtiger Eifersucht hin und

Digitized by Google

je kleiner das Ländchen, je versessener war es auf seine Zollgrenzen und seine Schlagbäume, durch welche die Souveränität des Landesfürsten einen sichtbaren Ausdruck erhielt. Handel und Wandel litten schwer unter diesem System und die Eisenindustrie konnte sich unter diesen Verhältnissen aus den ererbten kleinlichen Zuständen nicht herausarbeiten. Obgleich von Jahr zu Jahr das Bedürfnis nach einer Zollvereinigung mehr hervortrat, geschah doch nichts; die ganze Periode verstrich, ohne dafs an diesem erbärmlichen, viel verspotteten, verderblichen Zustande etwas gebessert worden wäre. Unter diesen Umständen konnten auch die technischen Fortschritte nur gering sein. An der Erkenntnis des Besseren fehlte es nicht. Es ist ja schon vordem charakteristisch für die Deutschen gewesen, dafs sie in der Theorie immer auf der höchsten Höhe wandelten, wenn ihre Praxis die armseligste war.

Zwei Ereignisse von ungeheurer Tragweite für die Geschichte der Eisenindustrie fallen in diesen Zeitabschnitt, die Erfindung der Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb und die Einführung des erhitzten Windes bei den Schmelzprozessen, insbesondere bei den Eisenhochöfen. Diese beiden Erfindungen gehören zu den wichtigsten Kulturfortschritten der Menschheit.

Welche Umwälzungen die Einführung der Lokomotivbahnen, schlechthin Eisenbahnen genannt, zur Folge hatten, wissen wir alle. Es wird uns fast schwer, sich Handel und Industrie ohne dieses wichtigste Verkehrsmittel zu denken. Die Eisenbahnen haben die Entfernungen verkürzt, die Menschen näher zusammengebracht, eiserne Bande der Völkervereinigung und hoffentlich auch des Völkerfriedens um die Erde geschlungen. Durch die modernen Verkehrsmittel, unter denen die Eisenbahnen die wichtigste Stelle einnehmen, sind wir dem Kosmopolitismus, der Familiengemeinschaft des Menschengeschlechtes, näher gerückt worden. Der Austausch der materiellen Güter, welche die Eisenbahnen und Dampfschiffe vermitteln, bedingt einen Austausch der geistigen Güter, welche die charakteristischste Erscheinung des 19. Jahrhunderts geworden ist.

Die Eisenbahnen sind Kinder der Eisenindustrie, dies bezeugt schon ihr Name. Ohne dafs die Eisenindustrie vorher die hohe Ausbildung erlangt hätte, welche den Bau der eisernen Schienenbahnen, der eisernen Dampfkessel, der eisernen Lokomotiven ermöglicht hätten, wäre die Erfindung nicht ins Leben getreten. Umgekehrt aber haben die Eisenbahnen die Eisenindustrie in einer Weise gefördert, dafs damit vielleicht nur die Erfindung der Dampfmaschine, von der die

Digitized by Google

Lokomotive selbst ja nur eine Anwendung ist, verglichen werden kann. Der ganze Materialientransport hat dadurch eine Umwälzung erfahren und die Frage des Transportes ist die wichtigste Frage für die moderne Eisenindustrie. Welch' ungeheure Steigerung des Eisenbedarfes haben aber die Eisenbahnen hervorgebracht! Die Herstellung der Eisenbahnschienen, der eisernen Schwellen, der Radbandagen sind ganz neue und selbständige Fabrikationszweige geworden, die Eisenmengen verschlingen, von denen man vordem keine Vorstellung hatte. Und wie ein Ereignis das andere bedingt, wie die ganze Entwickelung der Eisenindustrie nur eine Kette ist, bei der sich Glied an Glied reiht, das zeigt sich wieder daran, dafs der gesteigerte Bedarf an Eisen, der durch die Eisenbahnen hervorgerufen wurde, indem er eine Steigerung der Produktion namentlich der Hochöfen nötig machte, zur Erfindung der Winderhitzung geführt hat. Durch diese Erfindung sind die Hochöfen erst zu der Leistung befähigt worden, welche die gesteigerten Anforderungen verlangten.

Litteratur 1816 bis 1830.

Die Litteratur dieser Periode ist im ganzen nicht so reich, wie die der vorhergehenden. Deutschland lieferte auch in diesem Zeitabschnitte die wichtigsten Beiträge. 1816 bis 1821 erschien (zu Gieſsen) das mit grofsem Fleifs zusammengetragene Werk: Versuch einer Encyklopädie der Eisenhüttenkunde von J. G. L. Blumhof. Die wichtigste Arbeit aus dieser Zeit ist aber die zweite sehr vermehrte Ausgabe von Karstens Handbuch der Eisenindustrie in vier Bänden von 1827/28. War schon die erste Auflage von 1816 eine vortreffliche Leistung, so ist die zweite noch wesentlich erweitert und vervollständigt, wie schon aus der doppelten Zahl der Bände zu ersehen ist. Sie giebt uns das richtigste Bild der Fortentwickelung der Eisenindustrie von 1816 bis 1827.

Ferner sind zu nennen: Karstens Metallurgische Reise durch Bayern und Österreich 1821; Hollunder, Metallurgisch-technologische Reise durch Mähren, Böhmen u. s. w.; Vollhan, Beiträge zur neueren Geschichte des Eisenhüttenwesens 1825, welchem schon 1823 eine Schrift: Nachrichten über die eisernen Brücken, welche 1821 auf der Eisengieſserei bei Gleiwitz gegossen wurden, vorausgegangen war. Eine wichtige Monographie sind Kochs Beiträge zur Kenntnis der krystallinischen Hüttenprodukte 1822, und von besonderem Interesse

Digitized by Google

für die Geschichte der Eisenindustrie M. Meyers Kenntnis des Eisenhüttenwesens in Schweden 1829.

In Schweden veröffentlichte Broling die erste genaue und ausführliche Beschreibung der Gufsstahlfabrikation in England in Antecknigar under en Resa i England åren 1797, 1798 und 1799 mit snedare Tillägnigar; Stockholm 1817 [1]). Ferner erschien von C. D. af Uhr 1818 Bericht von einem Probeschmelzen auf der Björnhütte, und 1825 Puddlings försök.

Wichtiger ist die französische Litteratur. Aufser zahlreichen Abhandlungen, welche in den Annales des Mines, die seit 1816 an die Stelle des Journal des Mines getreten waren, enthalten sind, aufser verschiedenen Bulletins de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, sind besonders hervorzuheben die Reiseberichte über eine im Jahre 1823 ausgeführte wissenschaftliche und metallurgische Reise nach England, welche von den Bergingenieuren Dufrénoy und Élie de Beaumont im Auftrage des Ministeriums unternommen worden war, die 1827 gesammelt erschienen unter dem Titel Voyage métallurgique en Angleterre, mit 17 Tafeln Zeichnungen. Als eine Fortsetzung und Ergänzung dieses Werkes erschienen 1830 die Memoires métallurgiques sur le traitement des minerais de fer, d'étain et de plomb en Angleterre par L. Coste et A. Perdonnet, welche ebenfalls England zum Zweck metallurgischer Studien bereist hatten. Ein weniger gründliches, aber doch beachtenswertes Buch ist Pelouze, l'art du maitre des forges 1827/28; obgleich in der Hauptsache nur ein populär gehaltener Auszug aus der Siderotechnik von Hassenfratz, enthält es mancherlei Zusätze, welche besonders für die Geschichte des Eisens in Frankreich von Wichtigkeit sind. Ein vorzügliches Specialwerk über Eisengiefserei ist Launay d'Avranches, Manuel du fondeur, 2 Bde., Paris 1827. Die in diesem Zeitabschnitt veröffentlichten Schriften von Héron de Villefosse haben wir bereits früher (S. 19) erwähnt.

Lehranstalten.

Das technische Schulwesen machte in dieser Zeit ebenfalls gröfsere Fortschritte. Realschulen entstanden in Deutschland 1810 in Reutlingen, 1811 in Brünn, 1813 in Frankfurt a. d. Oder, 1817 in Triest und in Nassau, 1819 in Krefeld und Magdeburg, 1822 in Halber-

[1]) Ein Auszug daraus findet sich in Karstens Archiv VIII, 2, S. 342.

Digitized by Google

stadt und Darmstadt, 1823 in Barmen, 1828 in Köln, 1829 in Krems und Rakonitz und 1830 in Elberfeld. — Polytechnische Institute wurden 1806 in Prag und 1815 in Wien gegründet. Das von Beuth gegründete Gewerbeinstitut in Berlin wurde 1820 eröffnet und von 1821 an trat eine Anzahl Provinzialgewerbeschulen in Preufsen ins Leben. In Bayern wurde die Baugewerbschule 1823 in München eröffnet, polytechnische Schulen in München 1827 und in Nürnberg 1829; ebenso in Dresden 1828, in Karlsruhe 1825, in Braunschweig das Realgymnasium 1828 und die Baugewerkschule in Holzminden 1830. In Berlin wurde 1820 ebenfalls durch Beuth der Verein zur Beförderung des Gewerbfleifses in Preufsen[1]) nach dem Muster der Société d'Encouragement de l'industrie nationale in Paris gegründet. Derselbe hat seitdem viel Gutes gewirkt. Eine Bergschule war bereits 1810 unter französischer Herrschaft durch Héron de Villefosse zu Klausthal gegründet worden.

Aufserhalb Deutschlands entstanden 1815 in Brody und 1817 in Lemberg Realschulen, eine Uhrmacherschule 1824 in Genf. In Frankreich hat das Fachschulwesen eine alte Geschichte; dort wurden Écoles des arts et métiers gegründet: 1803 zu Compiègne, die 1806 nach Chalons sur Marne verlegt wurde, 1811 zu Beaurepeau, 1815 nach Angres verlegt. 1816 wurde in St. Étienne eine Bergschule[2]) errichtet. 1829 trat zu Paris die kaiserliche Centralgewerbeschule (École centrale des arts et manufactures) ins Leben.

In England wurden Kings College in London im Jahre 1828 gegründet, und Mechanics institutions zu Glasgow 1821 und zu London 1823, welche eine grofse Bedeutung erlangten und segensreich wirkten.

In Dänemark trat 1829 eine polytechnische Schule und ein polytechnisches Institut mit Fachschule für Metallarbeiter ins Leben. In Schweden wurden das technologische Institut zu Stockholm 1826 und die Chalmerssche Gewerbschule zu Gothenburg 1829 eröffnet. In Rufsland wurde 1825 ein technologisches Institut in Moskau gegründet.

Die Physik des Eisens 1816 bis 1830.

Die Festigkeit des Eisens wurde bei der immer zunehmenden Verwendung desselben eine der wichtigsten Fragen für die Praxis. Maschinenbauer und Ingenieure nahmen das gleiche Interesse daran.

[1]) Sein Statut ist abgedruckt in Dingler, Polyt. Journal IV, 486.

[2]) Siehe über Organisation und Lehrplan Annales des Mines 1817, II, p. 487.

Digitized by Google

Durch die Benutzung des Eisens als Baumaterial, besonders zum Brückenbau, wurde die Frage, welche Anforderungen man an die Tragkraft des Eisens stellen konnte, eine um so dringendere, als die Frage, ob gufseiserne oder schmiedeeiserne Brücken den Vorzug verdienten, aufs engste damit zusammenhing. Deshalb beschäftigten sich schon seit längerer Zeit Theoretiker und Praktiker mit Versuchen über die Festigkeit des Eisens, die besonders in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts in umfassender, systematischer Weise angestellt wurden und deren Resultate die Grundlage der praktischen Grundsätze über die Festigkeit der Eisensorten wurden.

Namentlich waren es die Engländer, welche die erste Veranlassung hatten, sich mit dieser Sache zu beschäftigen. Maschinenfabrikanten, wie Bramah und Banks, und Brückenbauer, wie Rennie und Telford, stellten Versuche über die Festigkeit des Eisens an. In systematischer wissenschaftlicher Weise geschah dies aber erst durch Duleaus Untersuchungen über die Festigkeit des Schmiedeeisens [1]) und durch Tredgolds Versuche über die Festigkeit des Gufseisens [2]) um das Jahr 1820. Viele Andere beschäftigten sich noch mit dieser Frage, die nur durch zahlreiche Versuche der Lösung nahe gebracht werden konnte. John Banks hatte seine Untersuchungen bereits 1803 bekannt gemacht [3]). Rondelet veröffentlichte [4]) 1817 zahlreiche ältere Versuche von Soufflot († 1781), welche dieser unter Anleitung Buffons angestellt hatte. Der Schwede von Sickingen hatte ebenfalls bereits 1782 Resultate mitgeteilt [5]). William Reynolds und Josef Bramahs Experimente waren zum Teil ebenfalls schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts angestellt. Eytelwein hatte 1808 Festigkeitsversuche herausgegeben; danach Tredgold zuerst 1810 und Rondelet 1814. Th. Telfords Resultate wurden 1817 von Barlow veröffentlicht, ebenso die von S. Brown [6]). G. Rennies Versuche wurden 1818 bekannt [7]). Seguins Arbeit über Drahtbrücken erschien 1824; Lagerhjelms gründliche Versuche über Dichtigkeit, Gleichartig-

---

[1]) Essai théorique et experimental sur la resistance du fer forgé par A. Duleau, Paris 1820.

[2]) Practical Essay on the strength of cast iron and other metals by Thomas Tredgold, 2th ed. 1823.

[3]) On the power of machines by John Banks, Kindall 1803.

[4]) Traité théorique et pratique de l'art de batir 1814—1817. Vol. IV, p. 499.

[5]) v. Sickingen, Versuche über die Platina 1782.

[6]) An Essay on the strength and stress of timber, by P. Barlow 1817.

[7]) Account of Experiments made on the strength of materials by G. Rennie, Philos. Transact. 1818, I, 118.

Digitized by Google

keit, Elasticität, Schmiedbarkeit und Stärke des gewalzten und geschmiedeten Stabeisens 1828. Andere Untersuchungen aus dieser Zeit werden noch betreffenden Orts erwähnt werden. Wir können hier nur die allgemeinen Ergebnisse dieser Arbeiten mitteilen.

Man unterschied die absolute Festigkeit, worunter man den Widerstand gegen das Zerreifsen verstand, die relative Festigkeit, d. h. den Widerstand gegen das Zerbrechen und die respektive Festigkeit oder den Widerstand gegen das Zerdrücken. Bei dem Zerreifsen, Zerbrechen und Zerdrücken findet eine vollständige Aufhebung der Kohäsion statt. Ehe diese aber eintritt, findet bei den meisten Körpern und namentlich auch bei den Metallen eine Formveränderung durch Ausdehnung oder Zusammendrückung statt. Eine solche tritt bei jeder Belastung ein; wenn diese aber nicht ein gewisses Mafs übersteigt, so nimmt der Körper nach Entfernung der Zug- oder Druckkraft seine ursprüngliche Form wieder an, man bezeichnet dies als Elasticität. Wird das angegebene Mafs der Belastung oder die Elasticität aber überschritten, so kehrt der Körper nicht in seine ursprüngliche Form zurück, sondern es tritt eine bleibende Verschiebung der Teile ein, welche sich beim Zerreifsen in einer Verlängerung bei gleichzeitiger Verminderung des Querschnittes äufsert. Diese Formveränderung geht dem Zerreifsen voraus. Für die Praxis ist die Ermittelung dieser Elasticitätsgrenze fast noch wichtiger als die der absoluten Festigkeit oder der Kraft, die zum Zerreifsen nötig ist, indem für die Sicherheit der Verwendung nicht die letztere, sondern die erstere mafsgebend ist. Die Versuche über die Festigkeit der Eisensorten erstreckten sich also nicht nur auf die oben angegebenen Grenzen der Kohäsion, sondern auch auf die Grenzen der Elasticität.

Um einen einfachen Ausdruck für die Gröfse der Elasticität einzuführen, schlug Thomas Young 1807 die Einführung eines Koeffizienten oder eines Modulus der Elasticität vor[1]), welcher allgemeine Annahme fand. Als Elasticitätsmodul wird die Kraft angenommen, welche dazu nötig ist, einen Körper von einem Einheitsquerschnitt und einer Einheitslänge um seine Einheitslänge auszudehnen. Eine solche Kraft existiert nur theoretisch, indem die meisten Körper schon bei viel geringerer Ausdehnung zerreifsen. Für die Berechnung aber ist dieser Elasticitätsmodul zweckmäfsig und deshalb allgemein gebräuchlich geworden.

---

[1]) Th. Young, Lectures on natural philosophy. London 1807, I, 137.

Digitized by Google

Überblickt man die Ergebnisse der zahlreichen Festigkeitsversuche, so fallen zunächst die grofsen Abweichungen auf. Diese sind gröfstenteils darin begründet, dafs die untersuchten Eisensorten wirklich von sehr verschiedener Qualität waren, zum Teil war aber auch die Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden und der Umstände daran schuld.

Es war ja auch schon vorher bekannt, dafs die gebräuchlichen Namen Schmiedeeisen, Stahl und Gufseisen Metallgruppen von sehr verschiedener Güte umfafsten. Der zahlenmäfsige Nachweis, welchen die Festigkeitsversuche hierfür erbrachten, hat die Aufmerksamkeit sowohl der Metallurgen als der Ingenieure darauf gelenkt, wie wichtig die Herstellung und die Verwendung eines gleichmäfsigen Materials ist. Diese Erfahrung ist zu einem Grundsatz geworden, welcher die moderne Eisenindustrie beherrscht.

Über die absolute Elasticität des Stabeisens haben Tredgold und Duleau Versuche mit Stäben angestellt. Tredgold fand, dafs gutes englisches Stabeisen von 1 Quadratzoll rheinisch Querschnitt mit 18233 Pfund belastet werden konnte, ohne dafs eine bleibende Formveränderung eintrat. Es hatte dabei eine Ausdehnung von $^1/_{1400}$ seiner Länge erfahren, war aber nach Entfernung der Zugkraft wieder zu seiner ursprünglichen Länge zurückgekehrt. Das Ausdehnungsverhältnis bei dieser Belastung war also 1:1000714. Dulong fand dasselbe unter den gleichen Bedingungen zu 1:1000620. Wurde die angegebene Belastung erhöht, so begann eine bleibende Längenausdehnung einzutreten.

Viel stärker als die gröberen Eisensorten lassen sich dünnere Drähte im Verhältnis belasten, ehe die Elasticitätsgrenze erreicht wird. Hierüber hatten Dufour[1]) und Seguin[2]) Versuche angestellt. Dufour hatte Draht von Laferrière und St. Gingolf genommen und gefunden, dafs die Verlängerung des Drahtes eintrat, wenn derselbe mit $^2/_3$ des Gewichtes belastet wurde, bei welcher er zerrifs. Sehr verschieden war das Verhalten von ausgeglühtem und nicht ausgeglühtem Draht. Der nicht ausgeglühte Draht zeigte eine viel höhere absolute Festigkeit; dabei war aber die Ausdehnung von nicht ausgeglühtem Draht nur sehr unbedeutend, während der ausgeglühte Draht sich $^1/_9$ bis $^1/_8$ seiner ursprünglichen Länge ausdehnte.

---

[1]) Siehe Description du Pont suspendu en fil de fer construit à Genève par Dufour. Genève 1824.

[2]) Des Ponts en fil de fer par Seguin ainé d'Annonay. Paris 1824.

Digitized by Google

Aus Duleaus Versuchen ergiebt sich der Elasticitätsmodul (M) für französisches Stabeisen für den Quadratmillimeter im Mittel zu 20000 kg, welches für den preufsischen Quadratzoll 29252000 Pfd. ergiebt. Tredgolds Elasticitätsmodul für englische Eisensorten berechnet sich im Mittel auf 27398000 preufsische Pfund. Lagerhjelms sorgfältige Versuche ergaben [1]) für

ungegärbtes schwedisches Stabeisen	gewalzt	M =	30180420 Pfd.
„ „ „	geschmiedet	„ =	30462480 „
gegärbtes schwedisches Stabeisen	gewalzt	„ =	30744540 „
„ „ „	geschmiedet	„ =	29052180 „
englisches Ankerbaueisen beste Sorte		=	29334230 „

Weit zahlreicher waren die Versuche über die absolute Festigkeit, die Ermittelung der Belastung, bei welcher ein Eisenstab zerreifst. Musschenbroeks ältere Versuche haben wir früher schon erwähnt (Bd. III, S. 83). Aus Soufflots Versuchen zog Rondelet folgende Schlüsse [2]):

1. Stabeisen, welches nicht umgeschmiedet ist, besitzt eine um so gröfsere Festigkeit, je feinkörniger der Bruch ist.

2. Grobkörniges, nicht umgeschmiedetes Stabeisen besitzt kaum die Hälfte der Festigkeit des feinkörnigen Eisens.

3. Alles Stabeisen erhält durch Umschmieden gröfsere Festigkeit.

4. Das Eisen widerstrebt den Einwirkungen des Hammers oder der dehnenden Kraft im Verhältnis seiner Dicke.

5. Weil dieser Widerstand nach der Mitte des Stabes zunimmt, oder vielmehr, weil sich die dehnende Kraft im Verhältnis zur Dicke des Stabes immer weniger wirksam in der Mitte zeigen kann, so mufs diese dehnende Kraft beim Schmieden oder Recken des Eisens im geraden Verhältnis zu seiner Oberfläche und zu seiner Dicke stehen.

6. Das festeste Stabeisen ist das sehnige. Ganz sehniges Eisen besitzt viermal soviel Festigkeit als grobkörniges, dreimal soviel Festigkeit als das Stabeisen von mittlerem Korn und doppelt soviel als das feinkörnige.

Rondelet fügt hinzu, dafs die Italiener die Vorzüge des dünnen Eisens wohl kannten und sich aufserordentlich dünn geschmiedeten Eisens bedienten, um ihre ungemein schwachen hölzernen Gerüste, welche ebenso sehr durch die Kühnheit als durch die Solidität in der Ausführung in Erstaunen setzten, zu verbinden und zu befestigen.

---

[1]) Nach Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde. Bd. I, S. 221.

[2]) Siehe Rondelet, a. a. O., und Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. X, S. 29.

Digitized by Google

Rennie fand die absolute Festigkeit an englischem Stabeisen zu 3492 engl. Pfund bei $^1/_4$ zölligem Quadrateisen, entsprechend 57 232 Pfd. bei 1 Quadratzoll rheinisch, von schwedischem Eisen 4504 Pfd. oder 73 441 Pfd. auf den Quadratzoll. Telfords Zerreifsproben wurden mit einer von Fuller konstruierten hydrostatischen oder Bramahpresse angestellt. Barlow, der dieselben mitteilte, sprach die Vermutung aus, dafs die Zahlen etwas zu hoch sein dürften, weil die Kolbenreibung nicht berücksichtigt worden sei. Die mittlere Belastung bis zum Zerreifsen aus sechs Versuchen stellt sich auf 66 557 Pfd. für den rheinischen Quadratzoll, wobei der Druck auf die ursprüngliche Querschnittsfläche der Stäbe bezogen ist. Telford hat aber auch die vor der Zerreifsung eingetretene Verlängerung und Querschnittsverminderung gemessen. Diese war so grofs, dafs, wenn man den Druck hierauf reduziert, eine Belastung von 101 866 Pfd. auf den rheinischen Quadratzoll sich ergiebt.

Ähnliche Versuche, angestellt von C. Brown in der Drahtseilfabrik (Patent Iron Cable Manufactury) zu Mill Wall, Poplar, mit einer Maschine, die nach dem Princip der Brückenwagen konstruiert war, ergaben im Mittel von acht Versuchen 57 128 Pfd. auf die ursprünglichen Querschnitte und 88 260 Pfd. auf die Querschnitte vor dem Zerreifsen reduziert.

Der berühmte Marc Isambert Brunel machte eine Reihe Zerreifsungsproben mit verschiedenen Eisenstäben von Yorkshireeisen, welche er erst unter einem Hammer genau auf das gleiche Mafs von $^3/_8$ Zoll auf $^4/_8$ Zoll ausschmieden liefs. Die 25 Proben zeigten viel geringere Abweichungen, als die der vorerwähnten Versuche und gaben ein mittleres Zerreifsungsgewicht von 71 760 Pfd. auf den Quadratzoll des ursprünglichen Querschnittes.

Seguins Resultate schwankten dagegen in weiten Grenzen, zeigten aber deutlich, wie sehr die Bearbeitung die Festigkeit des Eisens vermehrt. Stellt man die Zahlen sämtlicher Versuche zusammen, so ergiebt sich, dafs man bestimmte Zahlen für die absolute Festigkeit des Stabeisens nicht angeben kann, indem dieselben je nach der Natur des Eisens, seiner Behandlung im Feuer und seiner Bearbeitung weit auseinandergehen.

Karsten ermittelte 1826 aus den vorliegenden Versuchen folgende Annäherungswerte[1]): „Gutes Stabeisen mufs in Quadratstäben und auf die ursprüngliche Querschnittsfläche bezogen:

[1]) Siehe Karstens Archiv X, S. 41.

Digitized by Google

in Stäben von 1 rhein. Zoll breit und dick . . . . 58000 Berl. Pfd.
„ „ „ 1/2 „ „ „ „ „ . . . . 75000 „ „
„ „ „ 1/4 „ „ „ „ „ 90000 bis 100000 „ „
auf eine Fläche des Querschnittes von 1 rhein. Zoll berechnet, tragen können, ehe es zerreifst.“ Höher noch sind die Zerreifsungsgewichte der Drähte. Guyton de Morveau fand bei seiner Untersuchung der Zähigkeit der dehnbaren Metalle dasselbe zu 116085 Pfd. pro Quadratzoll. Dufours Angaben schwankten bei ausgeglühtem Draht zwischen 47560 und 54743, bei nicht geglühtem zwischen 72124 und 123225 Pfd. Seguin fand die absolute Festigkeit desselben Drahtes ausgeglüht zu 52692 Pfd., nicht ausgeglüht zu 107631 Pfd. Die Bestimmung der absoluten Festigkeit der fortlaufenden Drahtnummern der Fabrik der Witwe Fleur zu Besançon ergab zwischen Nr. 14 bis 1 fortschreitend 72008 bis 125721 Pfd. bei der feinsten Sorte.

Von Wichtigkeit ist das Verhältnis der Elasticitätsgrenze zur absoluten Festigkeit; nach Tredgold beträgt dasselbe 17,8 zu 60 oder annähernd 0,3; nach Duleau schwankt dasselbe zwischen 1/5 und 2/3, nach Lagerhjelm zwischen 0,360 und 0,438, nach Telford stellt sich das Verhältnis allerdings auf 0,711, nach Brown auf 0,600.

Die absolute Festigkeit des Stahles hatte Musschenbroek ebenfalls bereits untersucht; die von ihm gefundenen Gewichte schwankten zwischen 108000 und 150000 Pfd. auf den rhein. Quadratzoll. Rennie bestimmte das Zerreifsungsgewicht

für ausgeschmiedeten Gufsstahl . . . . zu 136830 Pfd.
„ „ Cementstahl . . . „ 135700 „
„ „ Gärbstahl . . . . „ 130070 „

Der Stahl hat also eine gröfsere absolute Festigkeit als das Stabeisen.

Viel zahlreicher sind die Versuche über die absolute Festigkeit des Roheisens. Die verschiedenen Roheisensorten weichen aber in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten so sehr voneinander ab, dafs sie auch in Bezug auf ihre Festigkeit sich sehr verschieden verhalten. Die Zahlen für die Festigkeit des Roheisens werden auch dadurch unsicher, dafs das Gufseisen an der Oberfläche rascher erstarrt und dichter wird als in der Mitte, ferner dadurch, dafs im Gufseisen leicht Blasen entstehen. Nach Tredgolds Versuchen würde bei grauem Gufseisen bei einem Gewichte von 15300 engl. Pfd. auf den engl. Quadratzoll, oder von 15664 preufs. Pfd. auf den rhein. Quadratzoll dauernde Veränderung des Gefüges eintreten bei einer Ausdehnung von 1/1264 seiner Länge oder im Verhältnis von 1 zu 1,0008306.

Digitized by Google

Brown zerriſs einen Stab von dunkelgrauem Roheisen bei einer Belastung entsprechend 16536 Pfd. auf 1 rhein. Quadratzoll.

Rennie ermittelte das Zerreiſsungsgewicht

bei einem horizontal gegossenen Stabe . . . . . zu 19013 Pfd.

„ „ senkrecht „ „ . . . . . „ 19862 „

Eine Reihe von Versuchen mit gutem grauen Holzkohlen-Roheisen von der Sayner Hütte ergaben aus elf Versuchen einen Durchschnitt von 19227 Pfd.[1]). Die mittlere absolute Festigkeit des Guſseisens kann für die Praxis zu 18000 Pfd. angenommen werden; sie ist also beträchtlich geringer als die des Stabeisens.

Anders verhält es sich mit der relativen Festigkeit, dem Widerstande gegen das Zerdrücken. Dieser ist bei dem Roheisen gröſser als bei dem Stabeisen.

Die relative Festigkeit äuſsert sich auf verschiedene Weise; ein spröder Körper erleidet keine Formveränderung bis zum Augenblicke des Zerdrückens, in dem die Kohäsion seiner Teile vollständig aufgehoben wird und er in Pulver zerfällt; ein geschmeidiger Körper giebt dem Drucke nach, indem seine Teile seitlich ausweichen; lange vor dem Zerdrücken beginnt eine Verschiebung der Teilchen. Bei dem Zusammendrücken spielt die Elasticität eine ähnliche Rolle wie bei dem Zuge. Hierüber hat Pictet genaue Versuche angestellt und gefunden, daſs schon bei verhältnismäſsig geringem Drucke eine Verkürzung eintrat. Dieselbe betrug 0,000076 bei einer Belastung von einem Kilogramm auf den Quadratmillimeter. Nach Wegnahme der drückenden Kraft hört bis zu einer gewissen Grenze die Verkürzung auf. Pictet fand aber, daſs hierbei doch eine geringe Verkürzung bleibt. Ein Stab, welcher durch ein Gewicht von 260 Pfd. zu 0,000022 seiner ursprünglichen Länge zusammengedrückt war, behielt nach Wegnahme des Gewichtes eine Verkürzung von 0,0000023 seiner ursprünglichen Länge.

Navier, Duleau und Rondelet haben Versuche über die relative Festigkeit des Stabeisens gemacht. Aber nur Rondelet hat bestimmte Zahlen für das Zerdrücken des Stabeisens veröffentlicht, wobei er nur angiebt, daſs der Würfel, den er anwendete, anfing sich zusammenzudrücken, ohne ein Maſs dafür mitzuteilen. In sieben Versuchen schwankte dieses Gewicht für den rhein. Quadratzoll von 71215 bis 73041 Pfd. Die relative Festigkeit ist also bei dem Stabeisen annähernd ebenso groſs wie die absolute.

---

[1]) Siehe Karstens Archiv X, S. 52.

Digitized by Google

Über das Zerdrücken des Roheisens und seine relative Festigkeit wurden mehr Untersuchungen angestellt. Reynolds Resultate teilte Tredgold mit. Er zerdrückte zwei Würfel von 1/4 Zoll Seitenlänge von zwei verschiedenen Eisensorten. Eine brauchte 80, die andere 200 Ctr. zum Zerdrücken, oder auf den rhein. Quadratzoll berechnet 146850 Pfd. und 358930 Pfd. Rennie hat eine gröfsere Zahl von Versuchen über das Zerdrücken des Roheisens angestellt. Er liefs seine Versuchsstücke aus der Mitte der Gufseisenbarren ausschneiden und auf bestimmte Dimensionen zurichten. Er fand

	Relative Festigkeit		
bei einer Roheisensorte	92816	bis 95305	Pfd.
„ „ anderen Roheisensorte	123000	„ 151416	„
„ „ „ in Würfeln von 1/8 Zoll .	92226	„ 154890	„
„ derselben in Würfeln von 1/4 Zoll . .	147833	„ 173090	„
„ einer anderen horizontal gegossen . .	142572	„ 175695	„
„ derselben senkrecht gegossen	161339	„ 207573	„

Sehr interessante Versuche wurden nach Karsten 1804 in Gleiwitz angestellt.

	Zerdrückungsgewicht pr. Quadratzoll rhein. im Mittel in Pfd.
Nr. 1 gares graues Koksroheisen, auf dem Herd gegossen, aus der Mitte gefeilt	146505
„ 2 dasselbe in senkrecht stehende Formen gegossen .	150965
„ 3 dasselbe im Kupolofen umgeschmolzen, auf dem Herd gegossen.	144603
„ 4 dasselbe im Kupolofen umgeschmolzen, in senkrecht stehende Formen gegossen	142757
„ 5 dasselbe im Flammofen umgeschmolzen, auf dem Herd gegossen.	172357
„ 6 dasselbe im Flammofen umgeschmolzen, in stehende Formen gegossen.	180619
„ 7 unmittelbar in eine Form gegossen, nicht gefeilt .	219492
„ 8 im Kupolofen umgeschmolzen und in Würfelform gegossen	181757
„ 9 im Flammofen umgeschmolzen und in Würfelform gegossen	262675

Obgleich die Zahlen der verschiedenen Versuche weit auseinandergehen, so ergiebt sich doch mit Bestimmtheit aus denselben, dafs die relative Festigkeit des Gufseisens gröfser ist, als die des Stab-

Digitized by Google

eisens, dafs also überall da, wo es sich um Unterstützung von Lasten handelt, das Gufseisen den Vorzug verdient.

Die Bestimmung des Widerstandes gegen das Zerbrechen oder die respektive Festigkeit würde eine leichte Aufgabe sein, wenn das Eisen absolut starr wäre, denn dann wäre dieser ein durch das statische Moment zu berechnender Teil der absoluten Festigkeit. Diese von Galiläi angegebene Berechnung wurde aber schon von Mariotte und Leibnitz als unrichtig erwiesen, weil dabei die Biegung, welche vor dem Zerbrechen eintritt, nicht berücksichtigt war. Die Genannten führten den Begriff der neutralen Achse ein, kamen aber dabei ebenfalls zu unrichtigen Resultaten. Es erwies sich für die Praxis als notwendig, von der Herleitung der respektiven Festigkeit von der absoluten abzusehen und für jede Eisensorte den Brechungskoeffizienten durch Versuche zu ermitteln. Aber auch hierbei gelang es nicht, zu absoluten Zahlen zu gelangen. Man mufste sich damit begnügen, ähnlich wie bei der Ermittelung der Elasticitätsgrenze, die Grenze der Belastung zu ermitteln, bei welcher eine bleibende Biegung eintrat. Über die Gröfse der Biegung des Stabeisens hat besonders Duleau Versuche und Berechnungen angestellt. Ferner haben Tredgold, Rondelet, Millar, Telford und Seguin Mitteilungen hierüber veröffentlicht. Über das Zerbrechen des Stabeisens hat Tessier de Norbeck[1]) Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, dafs das Stabeisen eine sehr hohe respektive Festigkeit besitzt.

Zahlreiche Versuche sind über die respektive Festigkeit des Roheisens angestellt worden. Die verschiedenen Verfahren, welche hierbei angewendet wurden, führten zu sehr verschiedenen Ergebnissen, die kaum eine Vergleichung untereinander gestatten. Versuche über die Biegung des Roheisens haben besonders Rondelet, Rennie und Tredgold angestellt. Tredgold giebt an, dafs Roheisen, ohne seine Elasticität einzubüfsen, nicht stärker belastet werden dürfe, als um sich bei 1 Fufs Länge des Stabes um $^1/_{40}$ Zoll zu biegen. Die gröfste Biegung wäre also $^1/_{480}$ der Länge des Stabes. Über das Zerbrechen des Roheisens haben Banks, Rondelet, Gazeran, Tessier de Norbeck, Rennie, Tredgold und Dufour Angaben veröffentlicht.

Tredgold befestigte seine Stäbe am einen Ende und belastete sie an dem anderen. Sämtliche Stäbe waren 1,3 Zoll lang, 0,65 Zoll dick und von dem festen bis zum belasteten Punkte 24 Zoll lang. Das Belastungsgewicht bis zum Bruch schwankte bei fünf verschiedenen

[1]) Tessier de Norbeck, Recherches sur l'artillerie II, 391.

Digitized by Google

englischen Roheisensorten von 153 bis zu 184 Pfd. — Es geht aus den Versuchen hervor, dafs graues Roheisen eine gröfsere respektive Festigkeit hat als weifses.

Über den Widerstand, welchen das Eisen einer drehenden Kraft entgegensetzt, haben Rennie, Banks, Dunlop und Bramah Versuche angestellt.

Dafs die Wärme einen grofsen Einfluſs auf die Festigkeit der Metalle hat, ist bekannt. Tredgold will gefunden haben, dafs sich die absolute Festigkeit des Stabeisens für jeden Grad Fahrenheit um 0,0003289 vermindern soll. Dagegen war noch nichts darüber ermittelt, bei welcher Temperatur das Maximum der Festigkeit eintrat.

Den für die Naturwissenschaft so wichtigen Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus, des Elektromagnetismus, welcher in der Ablenkung der Magnetnadel durch einen elektrischen Strom zur Erscheinung kommt, hat der dänische Naturforscher Oerstedt im Jahre 1820 entdeckt. Er fand, dafs ein elektrischer Strom, der durch einen Schliefsungsdraht an einer aufgehängten Magnetnadel vorbeigeführt wird, den Nordpol der Nadel immer nach links ablenkt, wobei man sich mit dem Strome schwimmend denken mufs. Dieses merkwürdige Gesetz wurde die Quelle vieler anderer Entdeckungen. Arago zeigte, dafs in allen Metallen und auch in manchen anderen Körpern durch Verteilung Magnetismus erregt wird, welcher auf die Schwingungen einer über denselben befindlichen Magnetnadel eine hemmende Wirkung ausübt.

Seebeck untersuchte daraufhin die verschiedenen Metalle und stellte eine Reihe derselben auf, in welcher Eisen an der Spitze, Quecksilber am Ende steht, indem ersteres die gröfste, letzteres die kleinste verzögernde Kraft auf die Schwingungen der Magnetnadel ausübt [1]). Seebeck machte ferner die wichtige Entdeckung, dafs alle Metalle, wenn sie zu zweien miteinander verbunden werden, bei eintretender Temperaturdifferenz der Berührungspunkte zu Magneten werden und stellte hierfür ebenfalls eine Reihe auf [2]).

Über die specifischen Gewichte verschiedener Eisensorten machten Pearson, Stodart und Faraday, Stengel und Karsten zahlreiche Versuche. Aus den sehr abweichenden Ergebnissen giebt

---

[1]) Poggendorffs Annalen, Bd. 83, S. 203.

[2]) Siehe Seebeck, Über die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperaturdifferenz. Abhandlung der Berl. Akademie d. Wissenschaften für 1822 und 1823, Phys. Kl., S. 265. Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde. 2. Aufl., 1827, I, §. 99.

Digitized by Google

Karsten als Mittelwerte für Stahl 7,700, für Stabeisen 7,600, für weifses Roheisen 7,500 und für graues Roheisen 7,000.

Zur Wärmemessung hatte man das Platin in Vorschlag gebracht, doch war es lange nicht gelungen, sichere Resultate damit zu erzielen. 1825 erfand der Engländer Daniell ein Pyrometer, das er 1829 verbesserte und unter dem Namen Registerpyrometer beschrieb. Es besteht aus einem Graphitcylinder, in dessen Achse eine runde Öffnung gebohrt ist. In diese wird ein Platindraht eingelegt, welcher auf dem Boden der Öffnung aufsteht. Am oberen Ende wird der Graphitcylinder auf die halbe Dicke weggeschnitten und in die halbrunde Öffnung vor den Platindraht ein cylindrisches Stückchen Porzellan eingelegt, welches den Platindraht berührt. Diesen Porzellanpfropf nennt Daniell den Index, während er den Graphitcylinder das Register nennt. Der Index wird durch einen dünnen Platinring gehalten, dafs er nicht herausfallen kann. Wird nun der Apparat in schwach geneigter Lage der Hitze ausgesetzt, so schiebt der Platindraht, der sich mehr ausdehnt als der Graphitcylinder, den Index um eine gewisse Länge vor. Diese Länge wird nach dem Abkühlen genau gemessen und hieraus die Temperatur berechnet. Obgleich dieses Instrument durchaus nicht vollkommen ist, so war es doch dem in hohen Temperaturen ganz unzuverlässigen Wedgwood-Pyrometer sehr überlegen. Daniell bestimmte damit den Schmelzpunkt des grauen Roheisens auf 2786° F. = 1530° C. = 1224° R.

Für die Schwindung des flüssigen grauen Roheisens beim Erstarren gab Karsten (§. 143) die Grenzen von $^1/_{95}$ bis $^1/_{98}$ an, für gutes graues Roheisen könne man $^1/_{96}$ annehmen.

Dafs Gufseisen durch Erhitzen eine dauernde Volumvermehrung erfährt, hat zuerst Prinsep 1829 nachgewiesen.

Weifses Roheisen bei möglichst hoher Temperatur eingeschmolzen und langsam erkalten gelassen, wird grau [1]).

Die Chemie des Eisens 1816 bis 1830.

Die Chemie des Eisens machte auch in diesem Zeitabschnitte wichtige Fortschritte. Die Mineralanalyse war so weit vorgeschritten, dafs man mit Sicherheit jedes Erz nach seiner quantitativen Zusammensetzung bestimmen konnte. Zahlreiche Eisensteinanalysen wurden veröffentlicht, namentlich waren es Berthier in Frankreich und

[1]) Siehe Stengel, Über die Bildung des Graphits. Arch. f. Bergbau XV, 172.

Digitized by Google

Karsten in Deutschland, welche hierin Hervorragendes leisteten. Hierdurch wurde immer gröfsere Klarheit über die Konstitution der Erze verbreitet. Die Entdeckung des Isomorphismus durch Mitscherlich trug hierzu ebenfalls bei.

Einige Unklarheit herrschte noch über die Oxydationsstufen des Eisens, indem viele Chemiker den Magneteisenstein für eine besondere Oxydationsstufe, Fe^3O^4, erklärten; Berthier behauptete auch, der Glühspan sei eine eigentümliche Sauerstoffverbindung von der Zusammensetzung Fe^3O^7. Eine genauere Untersuchung von Mosander ergab indes, dafs die verschiedenen Lagen des Glühspans nicht gleich zusammengesetzt sind, indem die auf dem metallischen Eisen aufliegende weniger Sauerstoff enthält, während die oberen Lagen reicher an Sauerstoft sind. Nachdem man erkannt hatte, dafs die Thonerde und die der Thonerde analog zusammengesetzten Basen den Oxydulen gegenüber öfter die Rolle einer Säure spielten, schien es auch richtiger, den Magneteisenstein nicht für eine besondere Oxydationsstufe, sondern für eine Verbindung von Eisenoxydul mit Eisenoxyd zu erklären. Das Eisenoxydul stellte Stromeyer durch Reduktion von Eisenoxyd in Wasserstoffgas in Rotglühhitze rein dar.

Die Konstitution der Eisensorten suchte Karsten immer gründlicher zu erforschen. Er hatte richtig erkannt, dafs nicht die Menge des Kohlenstoffes, sondern die Art der Verbindung desselben mit dem Eisen den Unterschied zwischen weifsem und grauem Roheisen bedinge. Nur das graue Roheisen enthielt den Kohlenstoff in der Form von Graphit, reines weifses Roheisen niemals. Löste man Roheisen in Säuren auf, so blieb Graphit, wenn solcher vorhanden war, im Rückstande zurück, ein anderer Teil des Kohlenstoffes schied sich in einem zersetzten, moderartigen Zustande aus. Durch Glühen von weifsem, hartem, strahligem Roheisen erhielt man ein graues, weiches, körniges Eisen, welches dem grauen Roheisen in der Bruchfläche überraschend ähnlich sah. In Säure gelöst blieb aber keine Spur von Graphit in dem Rückstande zurück, sondern nur die erwähnte zersetzte Kohle. Um diese Erscheinung zu erklären, welche sich ähnlich bei dem gefärbten und ungefärbten Stahl zeigt, glaubt Karsten noch einen dritten Verbindungszustand des Kohlenstoffes mit dem Eisen annehmen zu müssen. Nach Karsten giebt es einen höchsten Sättigungspunkt des Eisens mit Kohlenstoff, welcher etwa bei 5,25 Proz. liegt. Diese Verbindung entspräche zwei Mischungsgewichten Eisen mit einem Mischungsgewicht Kohle. Sie wurde angeblich bei dem vollkommensten Spiegeleisen angetroffen.

Digitized by Google

Der Graphitgehalt des grauen Roheisens wechselt nach Karstens Untersuchungen von 2,57 bis 3,75 Proz. Das graue Eisen enthält aber aufser der Kohle, die als Graphit gefunden wird, noch Kohle, die sich nur in zersetztem Zustande darstellen läfst. Den gesamten Kohlengehalt des grauen Roheisens fand Karsten von 3,15 bis 4,65 Proz., also geringer als den von Spiegeleisen, wie auch von manchen weifsen Roheisensorten. Die Graphitbildung findet nur in den höchsten Temperaturen statt, deswegen entsteht bei den Tiegelproben nur selten graues, sondern fast immer weifses Eisen, und läfst sich weifses Eisen nur durch Schmelzung in hoher Hitze in richtiges graues Eisen überführen, wobei noch langsames Erkalten Bedingung ist. Durch Glühen des weifsen Eisens scheidet sich der Kohlenstoff nicht als Graphit, sondern in dem erwähnten Zwischenzustande aus.

Das graue Roheisen enthält eine stahlartige Grundmasse von Eisen mit gebundenem Kohlenstoff und ausgeschiedenem Graphit. Das geglühte und dadurch grau gewordene weifse Eisen ist als ein Gemisch der stahlartigen Grundmasse mit einer eigentümlichen Kohlenverbindung des Eisens anzusehen. Ähnlich verhält es sich mit dem gehärteten Stahl, während harter Stahl und weifses Roheisen den Kohlenstoff in gleichmäfsiger Verbindung enthalten.

Durch Auflösung des Eisens läfst sich der Kohlenstoff nicht vollständig trennen, indem die Säuren bei der Lösung Wasserstoff entwickeln, welcher mit einem Teile des Kohlenstoffes flüchtige und flüssige Verbindungen eingeht, es bilden sich sogenannte schwere Kohlenwasserstoffe. Die Wirkung der verschiedenen Säuren ist verschieden, weshalb der kohlige Rückstand ungleich grofs ausfällt. Immerhin enthält er nur einen Teil des gesamten Kohlenstoffes. Vollständiger ist die Abscheidung mit Hornsilber, welche Karsten deshalb zur Bestimmung des gesamten Kohlenstoffes angewendet hat.

Das graue Roheisen wird von verdünnter Salz- und Schwefelsäure nur sehr langsam angegriffen und hinterläfst nach Verlauf von mehreren Monaten einen Rückstand, welcher die Kohle in einem sehr verschiedenen Zustande enthält. Ein Teil besteht aus metallglänzenden Blättchen von Graphit, dieselben werden vom Magnet nicht angezogen, sind in Säuren und Alkalien unlöslich und werden nur sehr langsam in der Glühhitze verzehrt. Ein anderer Teil hat zwar auch ein graphitisches Ansehen, wird aber vom Magnet angezogen, wird durch Säuren verändert und namentlich durch Salpetersäure in ein braunrotes Pulver verwandelt und hinterläfst beim Verbrennen in der

Digitized by Google

Luft rotes Eisenoxyd. Von derselben Natur ist der kohlige Rückstand, den weicher Stahl und Stabeisen hinterlassen. Noch ein anderer Teil der aus dem grauen Roheisen abgeschiedenen Kohle hat eine schwarzbraune Farbe, ist nicht magnetisch, färbt Kalilauge schwarz und verbrennt schon, ehe der Tiegel glühend wird. Von diesen drei Formen des Kohlenstoffes fehlt der Graphit niemals, während gewöhnlich nur die eine oder die andere der letzteren Verbindungen in den Rückständen erscheint. Konzentrierte Säuren zersetzen den Graphit nicht, dagegen die anderen Kohlenverbindungen grofsenteils. Aus diesen Erscheinungen folgert Karsten, dafs reines Kohlenmetall oder Graphit nur im grauen Roheisen und zwar in ungebundenem Zustande in dem Eisen enthalten ist.

Die zweite graphitartige Masse ist nicht reines Kohlenstoffmetall, noch auch oxydierte Kohle, wie der schwarzbraune Rückstand, der zuweilen bei grauem Eisen, immer aber bei weifsem Roheisen und hartem Stahl zurückbleibt, sondern eine besondere Verbindung von Eisen mit Kohle von schwer bestimmbarer Zusammensetzung, die aber Karsten als Polycarburet des Eisens bezeichnete. Das Polycarburet hinterliefs 82 bis 94 Proz. Eisen beim Verbrennen. Ein Sechstel-Kohleneisen, Fe^6C, welches beim Verbrennen 86,5 Proz. Eisen hinterlassen müfste, käme dem am nächsten. Doch läfst es Karsten unentschieden, ob dies die richtige Zusammensetzung des Polycarburets sei. Da es ihm nicht gelang, auch nicht mit Chlorsilber, das Polycarburet rein abzuscheiden, und da die abgeschiedene kohlige Masse sich rasch zersetzte, so blieb Karstens Polycarburet eine theoretische Annahme.

Um den Kohlenstoffgehalt des weifsen Roheisens mittels Hornsilber zu bestimmen, was direkt nicht gut ausführbar war, schlug Karsten vor, dasselbe durch Umschmelzen erst in graues Roheisen überzuführen. Da die durch das Hornsilber abgeschiedene Kohle noch Eisen und Kieselerde enthielt, so mufste sie nach dem Wiegen verbrannt und das zurückbleibende Eisenoxyd und die Kieselerde bestimmt werden. Um in dem grauen Roheisen den gebundenen und den ungebundenen Kohlenstoff zu bestimmen, nahm Karsten zwei Proben, von denen die eine mit Hornsilber, die andere mit Salpetersäure behandelt wurde, von letzterer blieb nur der Graphit im Rückstande zurück, der von dem durch die erstere Probe ermittelten gesamten Kohlenstoff in Abzug gebracht wurde. Auf diese Weise fand Karsten beispielsweise [1])

[1]) Siehe Karsten, §. 320, wo noch weitere Kohlenstoffbestimmungen mitgeteilt sind.

Digitized by Google

	gebunden	Graphit	Zusammen Kohlenstoff
bei grauem Holzkohlenroheisen der Sayner Hütte	0,89	3,71	4,6
bei grauem Koksroheisen der Königshütte von sehr hitzigem Ofengang	0,58	2,57	3,15
bei grauem Koksroheisen von weniger hitzigem Gang	0,95	2,70	3,65

Eine Grenze zwischen hartem Gufsstahl und weifsem Roheisen hinsichtlich des Kohlenstoffgehaltes giebt es nicht. Harter Gufsstahl von 2,8 bis 3 Proz. Kohlenstoff verhielt sich beim plötzlichen Erstarren nach dem Gufs ganz wie weifses Roheisen.

Sefström wies nach, dafs der Eisengehalt in den Graphitschuppen des Eisens nur mechanisch eingemengt sei, dafs also Graphit nicht, wie früher namentlich französische Chemiker angenommen hatten, eine Kohlen-Eisenverbindung sei.

Die Untersuchungen über andere chemische Gemengteile des Eisens in diesem Zeitraume haben noch zu einigen Ergebnissen geführt, welche Erwähnung verdienen.

Um zu erfahren, bei welchem Schwefelgehalte das Stabeisen zur Verarbeitung unter dem Hammer ganz untauglich wird, hat Karsten in Oberschlesien Versuche im grofsen angestellt. Das mit einem geringen Zusatze von Gips gefrischte Stabeisen war durch Rotbruch unbrauchbar bei einem Schwefelgehalt von nur 0,03375 Proz. In einem anderen rotbrüchigen Stabeisen fand Karsten sogar nur 0,01 Proz. Schwefel.

Evain in Metz machte zuerst darauf aufmerksam, dafs sich glühendes Eisen, selbst wenn es 1 Zoll dick ist, in wenigen Sekunden vermittelst einer Schwefelstange, welche auf das glühende Eisen senkrecht gehalten wird, durchbohren lasse[1]).

Geringe Beimischungen von Phosphor sind in jedem Stabeisen anzutreffen; so lange dieselben unter 0,5 Proz. bleiben, ist für die Beschaffenheit des Eisens nichts zu fürchten. Nach Karsten scheint ein geringer Phosphorgehalt bis zu 0,3 Proz. das Eisen nur härter zu machen, ohne seine Festigkeit zu vermindern. Boussingault machte darauf aufmerksam, dafs schon bei der Temperatur, in welcher das Stabeisen zu Stahl cementiert wird, eine Reduktion der Kieselsäure zu Silicium stattfindet, und dafs das Silicium sich ebenso wie die Kohle mit dem Eisen verbindet. Aber es bedarf hierzu nicht ein-

[1]) Annales de Chimie et de Physique XXV, 107.

Digitized by Google

mal der Gegenwart der Kohle, indem in hessischen Tiegeln geschmolzenes Stabeisen so viel Silicium aus den Wänden des Tiegels aufgenommen hatte, dafs Boussingault über 1 Proz. Kieselsäure fand[1]). Mushet hatte schon früher die Erfahrung gemacht, dafs Stabeisen, mit reinem Quarzsand geschmolzen, härter und brüchiger wurde und eine stahlartige Beschaffenheit bekam[2]). Silicium macht das Eisen härter, vermindert aber seine Festigkeit bedeutend. Dies fand Karsten schon bei einem Gehalt von 0,37 Proz.

Stodart und Faraday wiesen im echten Wootzstahl einen Gehalt an Aluminium nach. Sie legten demselben eine grofse Wichtigkeit bei und wollten gefunden haben, dafs ein von ihnen künstlich bereiteter aluminiumhaltiger Stahl dieselben guten Eigenschaften wie der ostindische zeige[3]). Karsten gelang es nicht, eine Aluminium-Eisenverbindung zu erhalten, und er konnte nur in Eisensorten von geringer Qualität Aluminium auffinden. In echtem Wootz liefs sich dagegen Aluminium nicht nachweisen.

Wichtig sind auch die Beobachtungen, die Berthier über die Reduktion des Eisens durch Kohle mitteilte. Diese findet schon in schwacher Rotglühhitze statt. Das Eisenoxyd wird zuerst in ein magnetisches Oxyduloxyd, dann in metallisches Eisen umgewandelt. Die auf der Oberfläche eines Stückes Eisenoxyd eingeleitete Reduktion pflanzt sich bis zum Mittelpunkte desselben fort. Daher wird ein Stück Eisenerz im Schmelzofen viel früher, als die Schmelzung eintritt, in regulinisches Metall umgewandelt, ohne seine äufsere Gestalt zu verändern. So lange der innere Kern noch Oxyd ist, bestehen die äufseren Schichten noch aus Oxyduloxyd. Pflanzt sich aber der Einfluſs der Kohle bis zum Mittelpunkte fort, so haben die äufseren Schichten schon allen Sauerstoff verloren und stellen ein reines, kohlenfreies Eisen dar; ist auch der Kern zu Eisen reduziert, so haben die äufseren Schichten schon Kohle aufgenommen. Dabei kann die äufsere Gestalt noch unverändert sein. Diese verändert sich erst mit der beginnenden Schmelzung[4]). Berthier untersuchte 1821 die Eigenschaften, welche ein Zusatz von Chrom dem Stahl und Gufseisen erteilt[5]), nachdem Stodart und Faraday bereits 1820 versucht hatten, Eisen mit Chrom zu legieren.

---

[1]) Annales de Chimie et de Physique 1821, I, 1; Karstens Archiv V, 163.
[2]) Ebendaselbst IX, 417.
[3]) Ebendaselbst IX, 322.
[4]) Siehe Berthier, Archiv IX, 513.
[5]) Siehe Annales de Chimie 1821.

Digitized by Google

Despretz wies 1829 nach, daſs sich Eisen mit Stickstoff chemisch verbinde und stellte angeblich ein Stickstoff-Eisen mit 11,5 Proz. Stickstoffgehalt dar.

Als das wichtigste Ergebnis der chemischen Analyse in dieser Periode kann das richtige Verständnis und die Lehre von der Schlackenbildung angesehen werden. Berzelius gebührt hierfür das gröſste Verdienst. Er untersuchte die Konstitution und das Verhalten der Kieselsäure und wies nach, daſs dieselbe in den Gläsern und Schlacken die Rolle einer Säure spielt, daſs diese Körper kieselsaure Salze oder Silikate sind. Die Kieselsäure ist es, welche die Verschlackung und Abscheidung der Erden bewirkt. Die Flüssigkeit der Schlacken in der Hitze gewährt die Möglichkeit, daſs sich das reduzierte Eisen abscheidet und vereinigt. Die Schlacken sind daher ein wichtiges Erfordernis des Eisenschmelzprozesses. Nur wenige Metalloxyde und keine Erden fand er für sich allein schmelzbar; ebenso wenig Gemische von Oxyden oder Erden, erst die Kieselsäure bewirkt die Verflüssigung derselben. Die entstandenen Verbindungen sind als wirkliche Vereinigungen von Säuren und Basen anzusehen, welche hinsichtlich ihrer Schmelzbarkeit groſse Verschiedenheit zeigen, je nach der Natur der Basis und dem Sättigungszustande derselben mit Kieselsäure. Die Silikate der Metalloxyde sind leichtflüssig, die der Thonerde sind schwerflüssig, die der Kalk- und Bittererde stehen dazwischen. Mehrbasische Silikate sind leichtflüssiger als einbasische. Alle diese Erfahrungen hatte man schon früher gemacht. Aber nicht nur auf die Art und die Verbindung der Basen kommt es an, ebenso wichtig ist der Sättigungszustand für die Schmelzbarkeit der Schlacken. Die Subsilikate sind viel strengflüssiger als die Silikate. Diese schienen in den meisten Fällen leichtflüssiger als die Bi- und Trisilikate. Bei der Verschmelzung der Erze ist es die Aufgabe, Silikate zu bilden, welche bei der Temperatur, in welcher die Operation stattfinden muſs, flüssig werden, ohne daſs dies durch Aufnahme von Eisenoxydulsilikat bewirkt wird. Nach diesen Grundsätzen müssen die Zuschläge gewählt werden. Eine gewisse Schlackenmenge ist für ein vorteilhaftes Schmelzen notwendig, deshalb muſs man sehr reichen Erzen Schlacken oder schlackenbildende Stoffe zusetzen. Bei sehr armen Erzen, bei denen die Schlackenmenge im Verhältnis zum Metall sehr groſs ist, muſs man eine möglichst dünnflüssige Schlacke erzeugen. Der Hauptzweck der Beschickung ist eine richtige Schlackenbildung. Dazu gehört aber vor allem eine genaue Kenntnis der Erze. Wir haben schon erwähnt, daſs diese in diesem Zeitabschnitte ebenfalls groſse Fortschritte gemacht hat.

Digitized by Google

Karsten hat eine Anzahl Magneteisensteine analysiert, welche in ihrer Zusammensetzung gleich waren und die normale Verbindung von Eisenoxyd und Eisenoxydul im Verhältnis von 70 zu 30 zeigten. Viele Magneteisensteine zeigten aber abweichende Mischung; so fand Berthier in einem Magneteisenstein von la Plata 81,6 Oxyd und 17 Oxydul, und Karsten bezeichnete als Blau-Magneterz oder Vignit einen Magneteisenstein, der vier Mischungsgewichte Magneteisenstein mit vier Mischungsgewichten kohlensaurem Eisenoxydul und einem Mischungsgewichte basisch phosphorsaurem Eisenoxyd enthielt.

Drappiez fand in dem Roteisenstein von Bihain im Luxemburgischen 87,0 Eisenoxyd, 5,0 Kieselerde, 2,0 Thonerde, 2,5 Manganoxyd und 3,5 Verlust. Berthier untersuchte verschiedene Glanzeisensteine [1]). Karsten analysierte eine grofse Anzahl Raseneisensteine (Sumpf- und Wiesenerze [2]). Titaneisen untersuchten die französischen Chemiker Berthier, Collet-Descostils und Cordier. Wolfram- und Chromeisenstein analysierten Berzelius und Vauquelin u. a., Spateisensteine (Pflinz, Stahlstein oder Weifserz) Stromeyer, Karsten und Berthier. Letzterer analysierte die französischen Braunerze (mines douces), d. h. die verwitterten Spateisensteine [3]). Ferner untersuchte er die französischen Kohleneisensteine [4]), die oolithischen Erze [5]).

Sphärosiderite nannte Berthier diejenigen Thoneisensteine, in welchen das Eisen hauptsächlich als kohlensaures Eisenoxydul enthalten ist. Er veröffentlichte davon eine grofse Zahl Analysen [6]). Das phosphorsaure Eisenoxyd, die blaue Eisenerde, untersuchten Berzelius, Berthier u. a., Stromeyer insbesondere den Vivianit, sowie auch das Eisenpecherz (arseniksaures Eisenoxyd).

Nachdem man eine genaue Kenntnis der chemischen Konstitution der Eisenerze und eine richtige Theorie der Schlackenbildung hatte, war die wissenschaftliche Unterlage für einen rationellen Hochofenbetrieb nach chemischen Grundsätzen gegeben. Es mufs dies als ein grofser Triumph der theoretischen Forschung bezeichnet werden. Seitdem man den wahren Grund der Wirkung der Kieselerde bei der Schlackenbildung erkannt hatte, war es leicht geworden, sich über die Auswahl und über die Menge der Zuschläge beim Verschmelzen

---

[1]) Siehe Karstens Archiv VI, 406.
[2]) Siehe Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 368.
[3]) Annales des mines IX, 825.
[4]) Ebendaselbst IV, 345.
[5]) Annales de Chimie et Physique XXXV, 247.
[6]) Karstens Archiv VI, 405; IX, 571; XII, 388.

Digitized by Google

der Erze Rechenschaft zu geben. Hiernach sind diese so zu wählen, dafs bei thonerdereichen Erzen eine Singulosilikat-Schlacke, bei Erzen, die mehr Kalk und Magnesia als Thonerde in der Gangart enthalten, ein Bisilikat, und bei manganreichen Erzen ein Trisilikat entsteht, um den richtigen Grad der Flüssigkeit der Schmelzmasse zu erreichen. Herrscht dagegen die Kieselsäure in dem Erz vor, so ist Kalk zuzuschlagen und zwar, wenn Thonerde bereits vorhanden, reiner Kalk, wenn Thonerde fehlt, thonhaltiger Kalk. Diesen Zusatz der notwendigen Zuschläge zu den Erzen zum Zwecke der Schlackenbildung nennt man die Beschickung, während die Gattierung die Mischung verschiedener Erze zur Erzielung eines bestimmten Ausbringens und der richtigen Schlackenmischung bedeutet. Von der richtigen Gattierung und Beschickung hängt der gute Gang der Schmelzarbeit ab.

Unter den vielen Versuchen, die Schmelzbarkeit künstlich zusammengesetzter Schlacken zu bestimmen, verdient besonders die Arbeit von Starbäck Erwähnung[1]), während Karsten namentlich wichtige systematische Analysen der Erze, Zuschläge, Schlacken und des erblasenen Roheisens lieferte[2]).

Die quantitative chemische Analyse war ein wichtiges Hülfsmittel für den Hüttenmann geworden. Karsten gebührt das Verdienst, den vollständigen Gang der Eisenerzanalyse zuerst ausführlich dargelegt zu haben (2. Aufl., §. 434 bis 440), ebenso den von ihm eingeschlagenen Weg der Analyse der verschiedenen Eisenarten (§. 331 bis 336).

Die Brennmaterialien 1816 bis 1830.

Die genaue Kenntnis der Brennmaterialien wurde ebenfalls in dieser Periode durch zahlreiche chemische Untersuchungen gefördert.

Die Stoffe, die bei der trockenen Destillation des Holzes von Stoltze, Macaire und Marcet, Mollerat u. a.[3]) nachgewiesen wurden, waren Wasser, Öl, brenzlige Essigsäure (Holzessig), sehr wenig alkoholische Substanz und ein Gemenge von Gasarten, zusammengesetzt aus kohlensaurem Gas, Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas und ölerzeugendem Gas; als Rückstand blieb Holzkohle. Die Menge der

[1]) Starbäck, Versuche zur Bestimmung der Schmelzbarkeit der auf synthetischem Wege gebildeten Schlacken. Karstens Archiv XIV, 176, aus Jern-Kontorets Annaler, 1825.

[2]) Untersuchung der Schmelzmaterialien und Hüttenprodukte der Torgelower Eisenhütte. Archiv XV, 23, der Peitzer Eisenhütte 55.

[3]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 486.

Digitized by Google

Holzkohle sowohl, wie das Verhältnis der Destillationsprodukte untereinander war sehr verschieden, je nach der Temperatur. War die Darstellung der Holzkohlen die Hauptsache, so mufste der Verkohlungsprozefs unter Luftabschlufs und bei möglichst niedriger Temperatur geführt werden. Durch den gewöhnlichen Verkohlungsprozefs in Haufen und Meilern erhält man nur 15 bis 18 Proz. Holzkohlen, durch Destillation in verschlossenen Gefäfsen dagegen 27 Proz. Der Unterschied des Kohlenausbringens bei rascher und langsamer Verkohlung ist so grofs, dafs er bei Fichtenholz 14 und 25 Proz. beträgt [1]).

Sämtliche Destillationsprodukte des Holzes waren aus der Holzfaser abgeleitete Verbindungen. Die chemische Zusammensetzung der Holzfaser hatten Gay-Lussac und Thenard ermittelt, welche fanden, dafs dieselbe bei allen Holzarten nahezu gleich aus 52 Tln. Kohlenstoff und 48 Tln. Wasserstoff und Sauerstoff, in dem Verhältnis wie im Wasser zusammengesetzt ist [2]).

Das mittlere Kohlenausbringen betrug 20 Proz. aus lufttrockenem Holze bei Versuchen im kleinen. Den Aschengehalt des Holzes und der Holzkohlen ermittelte Berthier für eine grofse Zahl Holzarten [3]). Was die Verkohlung im grofsen anlangte, bei der das Ausbringen beträchtlich hinter dem der Versuche im kleinen zurückblieb, so kam die Verkohlung in geschlossenen Öfen nur selten in Anwendung. In der Regel geschah dies nur, um die Destillationsprodukte des Holzes zu gewinnen in den Teer- und Pechöfen, welche von aufsen geheizt wurden. Indessen hatte man auch bereits Öfen, bei welchen die Holzkohlengewinnung die Hauptsache war. Dies waren grofse Kammern, durch welche entweder Feuerzüge geführt waren, welche erhitzt wurden, oder die glühenden Feuergase einer Heizvorrichtung von aufserhalb unmittelbar an das zu verkohlende Holz traten. Letztere Methode war von Direktor Schwartz in Schweden angegeben worden. Auch den Torf verkokte man in einigen Gegenden in Öfen. So geschah es bei Rothau in den Vogesen. Die Torfverkohlungsöfen von Crouy sur Ourcq waren Schachtöfen, welche oben zusammengezogen und mit einem Deckel geschlossen waren. Sie hatten grofse Ähnlichkeit mit Gasgeneratoren. Die Destillationsprodukte wurden durch ein Rohr abgeleitet [4]).

In Süddeutschland, Rufsland und Schweden hatte die Haufen-

---

[1]) Siehe Gilberts Annalen XXXVII, 401.
[2]) Karsten, a. a. O., §. 489.
[3]) Siehe Archiv für Bergbau XIV, 419.
[4]) Siehe Annales des mines 1829, p. 211.

Digitized by Google

verkohlung vielfach Anwendung gefunden[1]). Bei dieser kam das Holz in runden Stämmen und nicht gespalten zur Verkohlung. Die länglich viereckigen Haufen stiegen von vorn nach hinten 5 bis 15 Grad an. Die langen Wände wurden von aufrechtstehenden Pfählen gebildet, die Stämme wurden dazwischen horizontal aufgeschichtet. Der aufgesetzte Haufen wurde mit Lösche gedeckt, wie ein Meiler. Die Kohlen, die sehr gut ausfielen, liefsen sich leichter ziehen als bei den Meilern.

Ebenso verbreitete die chemische und mikroskopische Untersuchung der Steinkohlen genaueres Licht über Entstehung und Wesen derselben. Man erkannte sie ebenfalls als ein Produkt der Pflanzenfaser.

Nach dem Verhalten bei dem Verkoken teilte Karsten die Steinkohlen in drei Arten: Sandkohlen, Sinterkohlen und Backkohlen, ein, je nachdem die pulverisierte Steinkohle nach dem Glühen pulverförmig, gefrittet, aber ohne Volumvermehrung, oder gebacken und aufgebläht erscheint. Dieses Verhalten hängt mit der chemischen Zusammensetzung eng zusammen.

Auch bei den Steinkohlen schwankt das Koksausbringen mit der Temperatur bei der Verkokung. Diese Differenz steigt bei Backkohlen von mittlerem Kohlengehalt bis 6 Proz., bei den übrigen Kohlenarten ist sie geringer. Die Steinkohlen verkoken aber bei rascher Glühhitze besser. Die Produkte der trockenen Destillation der Steinkohlen sind aufser den Gasarten, Wasser, Öle, zuweilen etwas Säure und immer etwas Ammoniak. Je backender die Kohle ist, desto mehr nimmt das Verhältnis des ölbildenden Gases in dem Gasgemenge zu. Ölartige Substanzen entwickeln sich erst bei beginnender Rotglut. Die Steinkohlen absorbieren beim Lagern im Freien Wasser aus der Luft.

Das specifische Gewicht der Steinkohlen schwankt bei gleichem mäfsigen Aschengehalt von 1,19 bis 1,32. Die Sandkohlen sind am schwersten, die Backkohlen am leichtesten, die Sinterkohlen stehen in der Mitte[2]).

Der Aschengehalt der Steinkohlen ist sehr verschieden. Die Asche enthält hauptsächlich Kieselsäure und Thonerde, ferner Eisenoxyd, Manganoxyd, kohlensauren Kalk und Magnesia. Das Ausbringen an Koks ist ebenfalls sehr schwankend. Karsten teilt eine lange Tabelle

---

[1]) Siehe Karsten, Metallurgische Reise durch einen Teil von Bayern und durch die süddeutschen Provinzen Österreichs 1821, S. 424.

[2]) v. Oeynhausen und v. Dechen in Karstens Archiv VIII, 261.

Digitized by Google

über den darstellbaren Kohlengehalt aus verschiedenen Steinkohlensorten mit, wobei Aschengehalt und specifisches Gewicht mit berücksichtigt sind [1]). Eine andere Tabelle enthält die Zusammenstellung des Kohlenausbringens aus Holz, verschiedenen Braun- und Steinkohlensorten nebst ihren chemischen Zusammensetzungen (§. 561).

Je reicher an Kohlenstoff die Steinkohle ist, je mehr Wärme entwickelt sie, je schwerer aber läfst sie sich entzünden, weshalb sie zum Verbrennen stärkeren Luftzug erfordert. Auf dem Rost verbrennt Sinterkohle am besten, während stark backende Kohlen sich aufblähen und den Rost verstopfen. Sie müssen deshalb mit mageren Kohlen gemischt werden. Zum Ausschweifsen des Eisens und des Stahles liebt man die Backkohle, weil sie natürliche Gewölbe bildet, welche das Eisen vor dem Wind schützen, ohne es durch unmittelbare Berührung zu verunreinigen.

Zur Verkokung eignen sich die Backkohlen immer, wenn sie nicht über 5 Proz. Asche enthalten, Sinter- und Sandkohlen nur unter besonders günstigen Umständen. Die Backkohlen gehen beim Erhitzen in einen erweichten, teigartigen Zustand über, und wird die halbgeschmolzene Masse durch die sich entwickelnden Dämpfe und Gase blasig und aufgetrieben. Der Koks von zu stark backenden Kohlen ist für den Hochofenbetrieb unbrauchbar, weil er zu leicht ist und zerdrückt wird. Eine Backkohle, die den Übergang zur Sinterkohle bildet und sich nur schwach aufbläht, ist für Koks zum Schachtofenbetrieb am geeignetsten. Dies gilt für die Verkokung von Stückkohlen. Kleinkohle mufs immer mehr backend sein, wenn sie zur Verkokung verwendet werden soll. Koks aus Kleinkohle ist meist sehr aschenhaltig.

Die Verkokung der Stückkohlen geschah in Meilern und Haufen, die von Kleinkohle oder Kohlenklein in der Regel in Öfen. Grofse Fortschritte hatte man bei den Verkokungsöfen in dieser Periode nicht gemacht. Die einfachen Bienenkorböfen der Engländer waren noch am meisten in Gebrauch, doch hatten auch die S. 58 beschriebenen Doppelöfen gröfsere Verbreitung gefunden.

Ein sehr eigentümliches Verfahren der Verkokung von Kohlenklein hatte man auf dem Hüttenwerke Janon bei St. Etienne eingeführt [2]). Die Kleinkohlen, wie sie aus der Grube kamen, wurden durchgehortet und das Durchgeworfene mit Wasser so angefeuchtet,

---

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 560.

[2]) Beschrieben von Delaplanche, Annales des mines, I. Ser., XIII, 505.

Digitized by Google

dafs man eine plastische Masse erhielt. Aus dieser wurde ein Haufen im Freien aufgeführt und zwar, indem man sie in eine hohle hölzerne

Fig. 51.

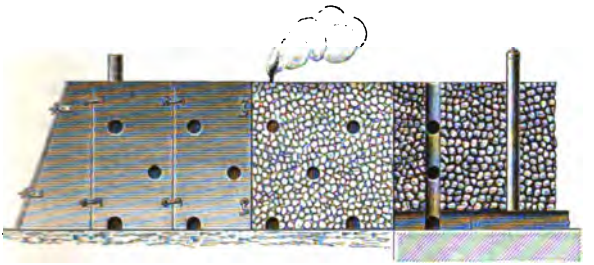
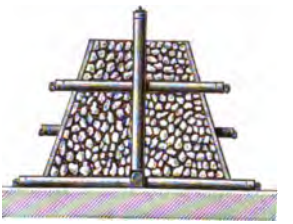
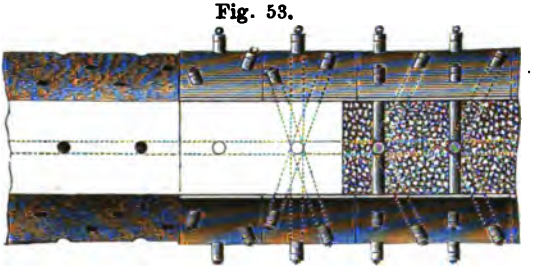


Fig. 52.



Form von der Gestalt einer abgestutzten Pyramide von $3^1/_2$ Fufs Höhe einstampfte. Die Haufen erhielten eine Länge von 50 bis 60 Fufs und mehr. Um der Luft Zutritt in das Innere des Haufens zu gestatten, wurde über hölzerne Cylinder von 3 bis 4 Zoll Durchmesser in der Weise geformt, wie es Fig. 53 zeigt. Die Entzündung des Haufens geschah mit kleinen Stückkohlen, welche man oben aufwarf und ansteckte. War der Haufen fast verkokt, so gofs man etwas Wasser in das Innere nahe der Mitte. Das Feuer gewann dadurch neue Kraft und verbreitete einen übelriechenden Dampf. Alsdann wurde der Haufen in der gewöhnlichen Weise gelöscht. Man erhielt den Koks hierbei in sehr grofsen Stücken. Die Verkokung eines solchen Haufens dauerte sechs bis acht Tage.

Fig. 53.



Die in Öfen erzeugten Koks fallen in der Regel dichter aus als die im Meiler erhaltenen und sind deshalb wirkungsvoller.

Am 28. Februar 1824 nahm Moritz de Jongh zu Worrington in Lancastershire ein Patent auf die Benutzung der aus Koksöfen entweichenden Wärme zur Heizung von Dampfkesseln. Er leitete die Flamme aus der Esse im Scheitelgewölbe des Koksofens unter den darüberliegenden Dampfkessel. Durch einen Schieber konnte er die Flamme abstellen. de Jongh nimmt diese Verbindung von Koksofen und Dampfkessel als seine Erfindung in Anspruch, welche folgende Vorteile habe: 1. werden die Auslagen für das Feuermaterial durch die Koks ersetzt, 2. wird der Dampfkessel besser erhalten, 3. wird der Rauch vollkommen verbrannt. Der Erfinder hatte im

Digitized by Google

vorhergehenden Winter einen Kessel von 26 Pferdekräften mit Erfolg auf diese Weise betrieben [1]).

Oft schon hatte man versucht, die Steinkohle in rohem Zustande im Hochofen zu verwenden, stets aber mit schlechtem Erfolge. Die genauere Kenntnis der Kohlenarten führte aber auch hier zu besseren Resultaten. Die kohlenstoffreiche, nicht backende Anthracitkohle erwies sich allein für die direkte Anwendung geeignet, und dies geschah zuerst mit Erfolg auf dem grofsartigen Hüttenwerke Dowlais in Süd-Wales, dessen neun Hochöfen von 18 Fufs Kohlensackweite hauptsächlich auf die Ausnutzung dieses Verfahrens hin erbaut worden waren. Die Provinz Glamorganshire, in welcher dieses Werk lag, war auch ganz besonders für diesen Betrieb geeignet, denn während die Steinkohle in der Mitte der Grafschaft sehr bituminös war und sich gut verkoken liefs, ging die Fettkohle in der weiteren Erstreckung der Flötze in Anthracit über, den man vordem nicht verwenden konnte. Man chargierte jetzt mit Erfolg auf 127 kg Koks und 76 kg rohe Steinkohle 203 bis 254 kg geröstetes Erz und 51 bis 68 kg Kalkstein. Zu 1000 kg Roheisen brauchte man 2800 kg Koks und 1700 kg Steinkohle, zusammen 4500 kg Brennmaterial.

In Frankreich hatte Robin, Direktor der Eisenhütte von Vizille, ebenfalls versucht, mit Anthracit von Lamure Eisenerze im Hochofen zu schmelzen [2]), und es gelang ihm, wenigstens den Nachweis zu führen, dafs man mit diesem Anthracit allein, wenn auch sehr schwer, Eisenerze verschmelzen kann, wobei 7 Tle. Anthracit 3 Tle. Koks ersetzten. Dieses Resultat war in ökonomischer Beziehung freilich sehr ungünstig. Das erhaltene Roheisen, namentlich das graue Giefsereiroheisen, war angeblich von guter Qualität. Die Versuche Robins, Anthracitkohlen im Puddelofen zu verwenden, welche er 1828 ebenfalls zu Vizille anstellte, hatten keine günstige Erfolge, namentlich war das erhaltene Eisen schlechter [3]).

Über den Brennwert der Brennmaterialien, d. h. über die relativen Wärmemengen, welche bei der Verbrennung derselben entwickelt werden, hatten schon Lavoisier, Crawford, Rumford und Dalton Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse aber sehr abwichen. Sehr sorgfältige Versuche hat hierüber der Amerikaner Marcus Bull 1826 im Franklin Journal veröffentlicht [4]).

---

[1]) Siehe London Journ. of Arts and Sciences, Oct. 1824, p. 194; Dingler, XIV, 23.
[2]) Siehe Coste et Perdonnet, a. a. O., p. 175.
[3]) Siehe Annales des mines, II. Ser., T. VI, Paris 1829, p. 109.
[4]) Siehe auch E. Peclet, Über die Wärme, übers. von Hartmann, 1830, I, 124.

Digitized by Google

Die absolute Wärmemenge bei der Verbrennung reiner Holzkohle fanden Laplace und Lavoisier für 1 kg zu 7226 Einheiten, Hassenfratz zwischen 5550 und 7200, Clément und Desormes zu 7050, Despretz zu 7815. Welter[1]) stellte zuerst die Hypothese auf, dafs die durch die verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Brennmaterialien entwickelten Wärmemengen den bei der Verbrennung absorbierten Sauerstoffmengen proportional seien. Man bezeichnete diese Annahme deshalb in der Folge als das Weltersche Gesetz.

Gebläse 1816 bis 1830.

Bei den Windgebläsen sind in diesem Zeitraume einige neue Erfindungen zu verzeichnen. Henschel in Kassel konstruierte 1820 ein Kettengebläse, welches seine Analogie in den alten Kettenpumpen hat, die schon zu Agricolas Zeit bei den Bergwerken angewendet wurden. Es kann auch als ein verbessertes Wassertrommelgebläse insofern betrachtet werden, als das Wasser den Abschlufs bildet und die atmosphärische Luft mit nach unten reifst. Fig. 54 (a. f. S.) ist die Abbildung eines Henschelschen Kettengebläses. An einer aufgehängten Kette, welche sich oben über ein Leitrad bewegt, sind in kurzen Abständen runde Ringe angebracht, auf denen zwei Deckel *z* von Eisenblech mittels Charnieren beweglich befestigt sind. Die Kette bewegt sich durch die geschlossene Röhre *c*, wobei die Deckel *z* auf die Stege *g* sich aufschlagen und eine geschlossene Scheibe bilden, welche durch das bei *e* einströmende Wasser gelidert wird. Dieses Wasser setzt durch seinen Druck die Kette in Bewegung; da es aber die durch die Deckel und die Rohrwand gebildeten Zellen nicht ausfüllt, so wird mit demselben in jeder Zelle eine gewisse Menge gepreſster Luft mit nach abwärts geführt. Diese ergiefst sich in einen Kasten *c*, aus dem es durch das Ableitungsrohr *d* dem Ofen zugeführt wird. Ein solches Henschelsches Kettengebläse erzeugte auf der Sollinger Hütte am Harz den Wind für den Hochofen[2]). Obgleich diese Konstruktion auf einigen Hüttenwerken zur Anwendung kam, hat sie doch keine besondere Bedeutung erlangt. Noch weniger war dies der Fall mit dem komplizierten hydraulischen Gebläse von Althans, welches er mit dem

[1]) Annales de Chim. et de Phys. XIX, 415; XXVII, 273.

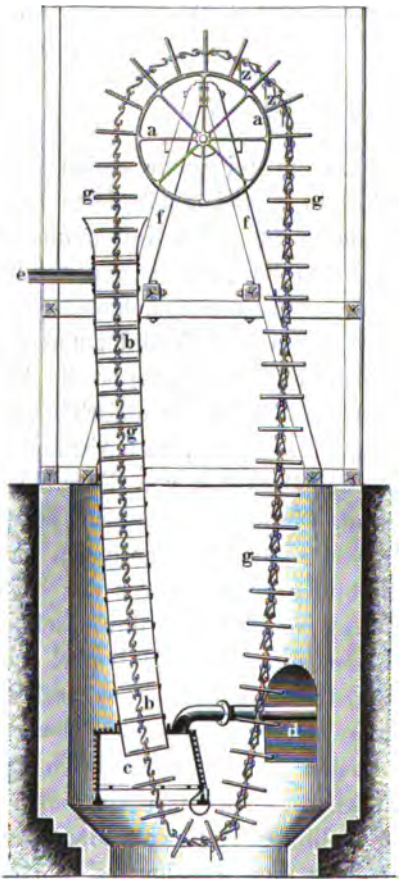
[2]) Siehe F. B. L. Koch, Versuche und Beobachtungen über die Geschwindigkeit und Quantitäten verdichteter, atmosphärischer Luft, welche aus Öffnungen von verschiedener Konstruktion durch Röhren ausströmt. Göttingen 1824. S. 177. Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 618.

Digitized by Google

Namen Rotations-Wassersäulengebläse bezeichnete[1]). Le Petit Lemasure erhielt 1824 in Frankreich ein Patent für ein Gebläse mit zwei wagerechten Cylindern. Die Cylinder waren klein und von Holz; die Maschine machte 90 Touren in der Minute (Brevets XIX, 159).

Dieses sehr einfache Tonnengebläse, das aber nur für kleine Feuer verwendbar war und von Lemasure für ein kleines katalonisches Luppenfeuer zu Ratis (Depart. de Lot et Garonne) erbaut war, ist von d'Aubuisson beschrieben worden[2]). Es besteht aus zwei cylindrischen Tonnen (Fig. 55), in welchen eine vertikale Scheidewand *as* von oben her eingebracht ist, welche mit ihrem unteren Teile in das Wasser, welches das Faſs bis zur Hälfte füllt, eintaucht. Indem nun die Tonnen etwas über einen rechten Winkel hin und her geschwenkt werden, wird der Luftraum einmal vergröſsert, das andere Mal verkleinert, hierdurch wird die Luft durch die Öffnungen einmal eingesogen, das andere Mal ausgepreſst. Die Ausströmungsöffnungen befinden sich auf der dem Feuer zugekehrten Seite und blasen in eine gemeinschaftliche Rohrleitung. Die beiden Tonnen waren so gegeneinandergestellt, daſs die eine mit Blasen begann, wenn die andere in der Mitte ihrer Oscillation angelangt war. Nach den Messungen und Berechnungen von d'Aubuisson ergab das Gebläse zu Ratis nur 16 Proz. Nutzeffekt. Immerhin leistete es noch mehr als ein Wassertrommelgebläse unter den gleichen Bedingungen.

Fig. 54.



---

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 619.
[2]) Annales des mines, IX, 521.

Digitized by Google

Die Vorteile des sonst sehr unvollkommenen Gebläses bestanden in seiner Einfachheit, Billigkeit und in seinem geringen Kraftbedarf. Eine Bedeutung hat es indessen nicht erlangt.

Das damit verwandte Schraubengebläse, die „blasende Schraube", nach ihrem Erfinder, Cagniard-Latour (1812), auch Cagniardelle genannt, hat im Eisenhüttenwesen keine grofse Verwendung gefunden. André Köchlin & Komp. in Mülhausen betrieben seit 1827 mit einer solchen Schraube von $8^1/_2$ Fufs Länge und $8^1/_2$ Fufs Durchmesser eine grofse Werkstätte mit 20 Schmiedefeuern und 2 Wilkinson- oder Kupolöfen.

Fig. 55.

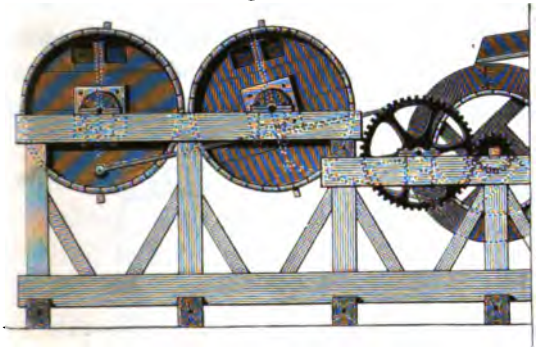


Fig. 56.

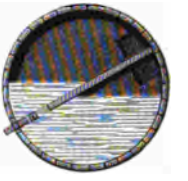


Fig. 57.

Die künstliche Windzuführung unter den Rost der Flammöfen, sogenannten Unterwind, hatte man schon früher hier und da versucht. Baader schlug dieselbe 1818 von neuem vor und behauptete, dadurch die kostspieligen Essen entbehrlich machen zu können [1]).

D'Aubuisson [2]) hat in einer sehr gediegenen Arbeit über die Kastengebläse bei den Eisenhütten im südwestlichen Frankreich den Satz entwickelt, dafs der Widerstand, den die Leitungsröhren der Bewegung der Gebläseluft entgegensetzen, proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit und der ersten Potenz der Länge der Röhre sei und im umgekehrten Verhältnis zu ihrem Durchmesser stehe.

Bei den Windregulatoren kam man mehr und mehr von den Wasser- und Kolbenregulatoren ab und gab namentlich bei den grofsen Gebläsemaschinen in England Trockenregulatoren mit gleichbleibendem Inhalt den Vorzug. Diese wurden aus Eisenblech hergestellt und erhielten meist eine cylindrische oder kugelförmige Gestalt.

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journal IV, 237.

[2]) Siehe Annales des mines XI, 161; Karstens Achiv, 1828, XVI, 107.

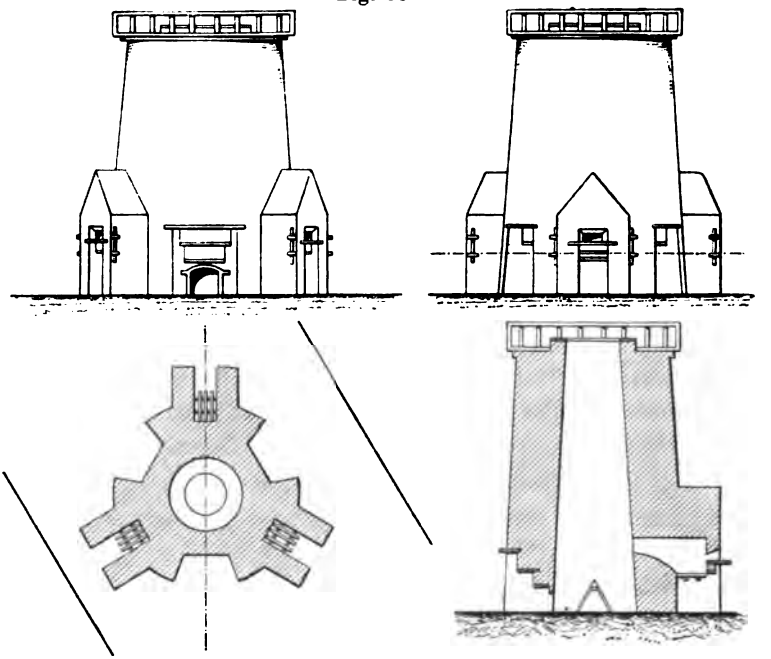
Digitized by Google

Zur Ermittelung der Windmengen, welche ein Gebläse lieferte, bediente man sich seit Ende des 18. Jahrhunderts der Wind- oder Gebläsemesser. Mit diesen wurde der Druck des Windes durch eine Wasser- oder Quecksilbersäule, welcher er das Gleichgewicht hielt, gemessen; aus Druck und Querschnitt der Ausströmungsöffnung wurde dann die Windmenge berechnet.

Die Roheisendarstellung 1816 bis 1830.

Verbesserte Röstöfen wurden vor 1820 zu Creusot von einem sächsischen Ingenieur nach deutschem Muster erbaut. Sie hatten drei Feuerroste; die Erze wurden durch Flammfeuer geröstet, welches die in dem Ofenschacht befindliche Erzsäule durchdrang. Fig. 58 ist die Abbildung des Röstofens zu Creusot. Ähnliche Öfen wurden

Fig. 58.



1820 zu Vienne von den Herren Frère-Jean erbaut, um die Erze von la Voulte zu rösten[1]). Sie sind nach dem System der Rumfordschen Kalköfen gebaut mit drei Feuerungen von aufsen.

[1]) Siehe Annales des mines, 1820, V, p. 391; Karsten, Eisenhüttenkunde, II. Aufl., §. 453.

Digitized by Google

Die Röstung der Erze wurde in England fast überall beibehalten, doch ging man in den zwanziger Jahren vielfach von der Röstung im Freien zur Röstung in Öfen über. Figg. 59 und 60 stellen die in dieser Zeit auf dem neuen grofsartigen Hüttenwerk Dowlais erbauten Röstöfen dar, welche einen länglich rechtwinkeligen Querschnitt von 3,91 m auf 0,55 am Boden und 2,028 m an der Gicht hatten. Ihre Höhe betrug 3,755 m.

Fig. 59.

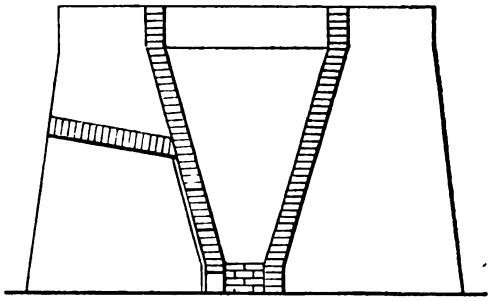
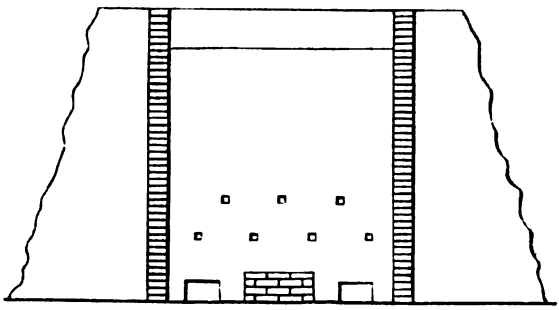


Fig. 60.



Im Betriebe der Hochöfen war durch die bessere theoretische Erkenntnis des Prozesses, namentlich aber durch die chemische Untersuchung der Schmelzmaterialien, ein Fortschritt eingetreten. Man war nicht mehr abhängig von allgemeinen oder lokalen empirischen Regeln, die den Meister im Dunkeln liefsen, sobald sie versagten, sondern man war im stande, den Hochofenbetrieb nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu führen. Diese kamen namentlich bei der Beschickung der Erze zur Anwendung. Bessere Gebläse erlaubten mehr wie vordem den Gang des Ofens durch die Windführung, durch stärkeres und schwächeres Blasen, engere und weitere Düsen zu beherrschen.

Die Anwendung von Zuschlägen und die Auswahl derselben war besonders für den Kokshochofenbetrieb von gröfster Bedeutung. Die Koks enthalten weit mehr Asche als die Holzkohlen, und diese ist ihrer Natur nach so schwer schmelzbar, dafs sie nur durch Auflösungsmittel verflüssigt werden können. Da die Koksasche hauptsächlich Kieselsäure und Thonerde enthält, so ist ein verstärkter Kalkzuschlag zur Schlackenbildung erforderlich. Man hatte also bei der Beschickung der Kokshochöfen nicht nur die Verunreinigungen der Erze, sondern auch die Asche der Koks zu berücksichtigen und danach die Beschickung einzurichten.

Digitized by Google

Die strengflüssige Asche der Koks bedingte eine strengflüssigere Schlacke, also eine höhere Temperatur in dem Teile des Ofens, wo die Schlackenbildung vor sich ging. Dies setzte aber eine stärkere Erhitzung der ganzen Schmelzmasse vor ihrem Einrücken in das Ofengestell voraus, und das konnte nur erreicht werden durch ein längeres Verweilen in dem Vorbereitungsraum, dem Ofenschacht. Hierfür mufste man diesen gröfser, namentlich weiter machen. Die Erhöhung und Erweiterung des Hochofenschachtes beeinflufste deshalb hauptsächlich die Entwickelung der inneren Ofenform.

Im allgemeinen nahm die Mannigfaltigkeit derselben eher zu wie ab. Eine Frage, die vielfach erörtert wurde, war die, ob ein Obergestell notwendig oder zweckmäfsig sei? Die hohen Blauöfen, Flofsöfen und die schwedischen Hochöfen hatten in der Regel keins, während es sonst ziemlich allgemein gebräuchlich war. Bei den Koksöfen wurde ein Obergestell fast allgemein für nötig gehalten. Auch Karsten hält ein solches im allgemeinen für besser, namentlich wenn graues Eisen erblasen werden soll.

Die Verankerung des Rauhgemäuers geschah bei runden Öfen mit eisernen Reifen, bei viereckigen Öfen mit durch das Mauerwerk gelegten Ankern, die durch eiserne Riegel befestigt wurden. Je stärker die Verankerung, je mehr konnte man an der Stärke des Rauhmauerwerks sparen.

Durch das Streben, die Produktion zu vergröfsern, kam man in England zu immer gröfseren und weiteren Öfen. Bei dem 1824 neuerbauten Hochofen zu Plymouth Ironwork hielt man sich noch einigermafsen an die früheren Verhältnisse, doch machte man die Gicht 10 Fufs weit, bei einer Gestellweite von $3^1/_2$ Fufs. Die einige Jahre danach zu Dowlais erbauten Hochöfen hatten dagegen schon die aufserordentliche Gichtweite von $16^1/_2$ Fufs. Figg. 61 bis 64 stellen einen dieser Öfen, die in ihrer ganzen Konstruktion abweichend waren, dar. Der weite Schacht ging 48 Fufs cylindrisch bis zur Rast nieder. Um die weite Gicht beschicken zu können, waren in dem Gichtmantel, der eine Fortsetzung des Schachtes bildete, vier Aufgabeöffnungen gelassen, zu welchen man auf einer vorgebauten eisernen Galerie gelangte. Natürlich konnte bei so weiten Gichten das Aufgeben nicht so gleichmäfsig geschehen wie bei engen. Der obere Ofen war ohne jedes Rauhmauerwerk erbaut und bestand nur aus der Schachtmauer, welche aus 18 Zoll langen feuerfesten Thonsteinen sorgfältig aufgeführt war. Diese Mauer war mit $^1/_4$ Zoll starken und 4 Zoll hohen gewalzten eisernen Schienen umgeben, welche allein jede Lage

Digitized by Google

Steine zusammenhielten. Die Rasthöhe war mit zwei gufseisernen Kränzen eingefafst. Ein solcher Ofen produzierte das für die damalige Zeit aufserordentliche Quantum von 105 Tonnen in der Woche. Trotz

Fig. 61.

Fig. 62.

der grofsen Windmenge, welche durch zwei Formen in den Ofen geführt wurde, fand ein Springen oder Nachgeben der eisernen Ringe nicht statt. Fig. 65 und 66 (a. f. S.) (nach Karsten) zeigen in dem

Fig. 63.

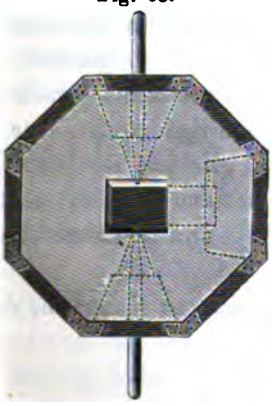


Fig. 64.

Digitized by Google

Hochofen von Swansea eine andere Konstruktion eines Schachtbaues, bei welcher ebenfalls das ganze Rauhmauerwerk gespart wurde. Der ganze Kernschacht ruhte auf eisernen Kränzen, welche durch starke gufseiserne Ständer getragen wurden. Der Schacht war mit eisernen Ringen gebunden. Der Wind wurde durch drei Formen dem Ofen zugeführt. Diese Konstruktion wurde vielfach nachgeahmt.

Fig. 65.

Fig. 66.

Von diesen englischen Erfahrungen ausgehend, konstruierte Maschinenmeister Althans auf der Sayner Hütte einen Hochofen, Fig. 67, der ganz in einen eisernen, von Gufsplatten zusammengefügten Mantel eingebaut wurde. Für Holzkohlen sollte in dem obersten Teil des Schachtes das Steinfutter ganz wegfallen [1]). Öfen mit eisernen Mänteln erbaute zuerst in Deutschland Friedrich Harkort zu Wetter 1826 und zu Rüblinghausen 1829. Diese neu eingeführte Bauart der Engländer ohne Rauhgemäuer hatte den Vorzug, dafs dadurch die Öfen viel rascher aufgeführt werden konnten. In England, wo damals schon der Grundsatz herrschte: time is money, konnte man durch sie eine günstige Konjunktur besser ausnutzen. Diesem Vorteil stand freilich ein gröfserer Kohlenverbrauch infolge der starken Abkühlung der dünnen Schachtwände gegenüber. Deshalb fand auch der Vorschlag von Althans in Deutschland nur wenig Anklang.

Als eine allgemeine Erfahrung bezeichnete es Karsten, dafs bei

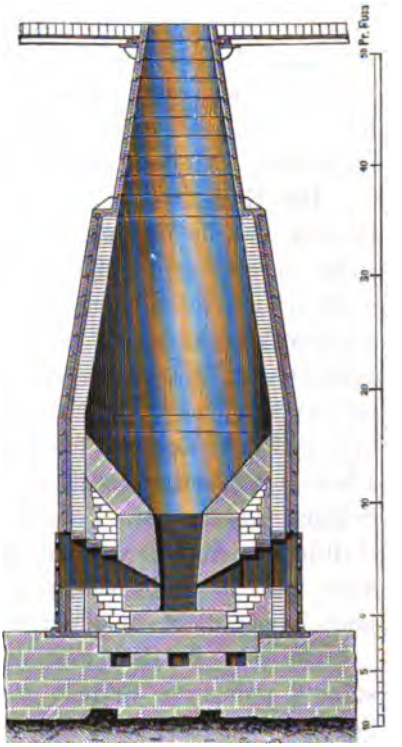
[1]) Siehe Archiv für Bergbau etc. XII, 259.

Digitized by Google

hoher Schmelztemperatur mehr Unreinigkeiten in das Eisen übergehen als bei niederer, weshalb die Holzkohlenöfen reineres Roheisen lieferten als die Kokshochöfen.

Bei einerlei Eisenerzen, welche in den oberschlesischen Hochöfen verschmolzen wurden, waren zu 100 Pfd. Roheisen 15,22 rheinische Kubikfufs, oder 157,527 Pfd. Kiefern-Holzkohlen, oder 8,54 Kbffs. oder 270,72 Pfd. Koks aus Sinterkohlen erforderlich, so dafs sich die Wirkung der Holzkohle zu der der Koks, dem Mafse nach wie 100 zu 56 und dem Gewicht nach wie 100 zu 171 verhält.

Fig. 67.



Philipp Taylor nahm 1825 in England ein Patent, Kohlenwasserstoffgas in die Hochöfen zu blasen, um dadurch das Eisen zu kohlen. Statt des Gases könnte man auch Öle oder Kohlenpulver verwenden. Derselbe hatte auch 1820 bereits ein Patent darauf genommen, Erze in Schachtöfen mit in verschiedener Höhenlage angebrachten Windformen zu schmelzen.

Bei dem Abwärmen der Hochöfen vor dem Anblasen führte der Hütteninspektor Schäfer auf der Sayner Hütte die Verbesserung ein, dafs man die innere Wandung des Gestelles mit einer Mischung von gepulvertem Kalk und Schlacke, welche zu einem Brei angemacht wurden, überzog, welche die Gestellsteine mit einer Glasur überzogen, die sie schützte, oder dafs man das ganze Gestell mit einer Überkleidung von einem Zoll dicken Ziegelsteinen versah, welche ebenfalls die Gestellmasse vor der direkten Glut der Kohlen schützte. Im übrigen verfuhr man mit dem Abwärmen ähnlich wie sonst. — Ein anderes damals empfohlenes Verfahren, die Kohlen zum Abwärmen von oben zu entzünden, bewährte sich nicht.

Die Beschickung und das Gebläse waren die beiden Mittel, um den Gang des Ofens zu regulieren. Graues Eisen erforderte zu seiner Bildung höhere Temperatur. Der Grad der Temperatur wird

Digitized by Google

bei gleichbleibender Windzuführung durch das Verhältnis des Erzsatzes zum Kohlensatz bestimmt; doch kommt dabei auch die Beschickung in Betracht. Diejenige Beschickung ist die angemessenste, bei welcher das Verhältnis des Erzsatzes zum Kohlensatz das gröfste sein kann, um den Ofen in gleicher Temperatur zu erhalten, d. h. um Roheisen von gleichbleibender Beschaffenheit zu erzeugen (Karsten). Da sich bei höheren Öfen die Temperatur erhöht, so folgte von selbst, dafs man in solchen Öfen den Erzsatz erhöhte, um dasselbe Eisen zu erhalten. Die höhere Temperatur und das längere Verweilen der Erze im Vorbereitungsraume bewirkte eine stärkere Reduktion der Kieselsäure, was einen gröfseren Siliciumgehalt des in hohen Öfen erblasenen Roheisens zur Folge hatte.

Der Hüttenmann hat es bei guten durch die Beschickung, den Erzsatz und die Windmenge in der Hand, ein oder die andere Eisensorte zu erzeugen, wobei aber wohl zu bedenken ist, dafs die als weifs oder grau bezeichneten Roheisensorten unter sich wieder von gröfster Verschiedenheit sein können. Es giebt ein weifses Eisen bei garem Gang, bei übersetztem Gang und bei übergarem Gang. Letzteres ist das Spiegeleisen, welches zu seiner Bildung vollständige Reduktion und gesättigte Kohlung, aber nur kurzes Verweilen des geschmolzenen Eisens in konzentrierter Hitze, und rasches Hinabsinken in der flüssigen Schlacke voraussetzt. Sobald ein längeres Verweilen in hoher Hitze stattfindet, tritt Graphitbildung ein und das kohlenstoffreiche Spiegeleisen geht in grobkörniges graues Eisen über. Der Schmelzprozefs mufs immer dicht an dieser Grenze geführt werden.

Bei dem bei Rohgang erzeugten weifsen Roheisen sind unvollständig reduzierte Erzteile bis in und unter den Fokus der Hitze gelangt, wodurch eine Entkohlung und Abkühlung, ein teilweises Frischen eintritt. Zugleich lösen sich alle Verunreinigungen der ungenügend vorbereiteten Schmelzmasse, wodurch das Roheisen sehr unrein, namentlich schwefelhaltig, wird. Zwischen diesen Extremen, dem weifsen, teilweise entkohlten Eisen vom Rohgang und dem mit Kohlenstoff völlig gesättigten Spiegeleisen, befindet sich die ganze Reihe weifser Eisensorten.

Ähnlich verhält es sich mit dem grauen Roheisen. Ganz abgesehen davon, dafs die Graphitausscheidung in grofsen Blättern bis zu den feinsten Schüppchen stattfinden kann, verhält sich das dem Ansehen nach gleiche Roheisen von strengflüssiger Beschickung ganz anders als das von leichtflüssiger Beschickung. Zum Teil wird dieser Unterschied durch den höheren Siliciumgehalt, des bei strengflüssiger

Digitized by Google

Beschickung erblasenen Roheisens bedingt, wobei das Silicium den Kohlenstoff teilweise ersetzt. Letzteres tritt namentlich beim Koksofenbetrieb ein. Diese Unterschiede sind für die Giefserei von grofser Wichtigkeit.

Unter leichtschmelziger Beschickung ist aber nicht zu verstehen, dafs die Erze für sich leicht schmelzen, sondern dafs die Reduktion, Schlackenbildung und Scheidung von Eisen und Schlacke leicht vor sich geht und keine lange und hohe Hitze erfordert. Diese Verhältnisse sind so mannigfaltig, dafs es nicht möglich ist, sie im einzelnen zu erörtern, und genügt es, zu konstatieren, dafs das Verständnis der Bedingungen in dieser Periode wesentliche Fortschritte gemacht hatte und gebührt auch hierfür Karsten grofses Verdienst[1]).

Der Weg zur Ermittelung der richtigen Beschickung war allerdings damals noch ausschliefslich der empirische. Um aber diesen zu vereinfachen und zu verbilligen, machte man, ehe man Versuche im grofsen vornahm, sogenannte Beschickungsproben, wobei man die Beschickung und Schmelzung in einem Tiegel vornahm. Wohl aber erkannte man bereits, dafs die richtige Konstitution der Schlacken, nach chemischen Mischungsverhältnissen unter Berücksichtigung der Temperatur, die Grundlage der Beschickung bilden mufste. Mitscherlich, Bredberg und Karsten hatten wichtige hierauf bezügliche Untersuchungen angestellt[2]); doch fehlte es noch an ausreichender Erfahrung. Karsten glaubte schliefsen zu dürfen, dafs die Bisilikate leichtschmelziger sind, als die Singulo- und Trisilikate, wobei aber ein grofser Unterschied der Schmelzbarkeit erscheint, je nachdem viel Mangan und Kalk, oder viel Bittererde und Thonerde in der Beschickung enthalten sind.

Die Eisengiefserei 1816 bis 1830.

Die einfachste Verwendung fand das Roheisen bei der Giefserei. Geschah diese, wie fast allgemein bei dem Holzkohlenbetrieb, direkt aus dem Hochofen, so mufste man für einen garen, hitzigen Ofen-

---

[1]) Siehe namentlich in der 2. Auflage der Eisenhüttenkunde die neu hinzugefügten §§. 870 bis 888; ferner Stengels Aufsätze in Karstens Archiv IX, 215; XIII, 234; XV, 177.

[2]) Mitscherlich, über die Schlackenbildung beim Schmelzprozefs etc.; Bredberg, Versuch, die chemische Zusammensetzung der bei einigen Schmelzprozessen im grofsen sich bildenden Schlacken zu bestimmen, beide im VII. Bd. von Karstens Archiv, und Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 884 und §. 886.

Digitized by Google

gang sorgen, bei dem ein flüssiges graues Roheisen erzeugt wurde. Nur bei sehr dicken Stücken, oder wo grofse Härte verlangt wurde, konnte man gares, weifses Eisen vergiefsen. Wir haben aber schon oben darauf hingewiesen, dafs ein grofser Unterschied zwischen dem grauen Eisen von strengflüssiger und von leichtflüssiger Beschickung besteht. Ersteres ist viel hitziger, dünnflüssiger und schreckt weniger leicht ab, dagegen bilden sich leichter krystallinische Bildungen im Innern; das letztere fliefst langsamer, erstarrt schneller, stöfst Graphit aus und schreckt an den Rändern ab. Ersteres bleibt grau und weich, bildet aber selten eine schöne, glatte Oberfläche, letzteres wird leicht hart. Für strengflüssige Beschickung empfahl sich ein hohes Obergestell; ein zu hitziger Gang vermindert aber die Festigkeit des Gufseisens. Ebenso vermindert der hohe Graphitgehalt des grauen Roheisens von leichtschmelziger Beschickung die Festigkeit. Wo es also auf Festigkeit besonders ankam, wie bei Kanonen, wählte man besser ein halbiertes Roheisen. Würde man bei leichtflüssiger Beschickung die Graphitbildung durch stärkeren Erzsatz vermeiden wollen, so würde man leicht einen übersetzten Gang und weifses Eisen bekommen. In Schweden half man sich deshalb dadurch, dafs man die Erze teils geröstet, teils ungeröstet aufgab. Infolgedessen kamen sie in ungleichem Zustande der Vorbereitung in den Schmelzraum und bewirkte das ungeröstete Erz eine Verminderung des Graphits in dem aus dem gerösteten Erz geschmolzenen grauen Eisen. Dasselbe erreichte man dadurch, dafs man in das geschmolzene graue Roheisen im Herd eine Quantität reines Erz in kleinen Stücken durch die Form eintrug. Dabei trat ein starkes Aufwallen des Eisens ein. Nachdem man in einem Zeitraum von etwa 15 Minuten 30 bis 35 Pfd. Erz auf diese Art in das Gestell eingetragen hatte, folgte ein heftiger Schlackenergufs über den Wallstein. Stellte sich der gewöhnliche, ruhige Schlackenlauf wieder ein, so rührte man mit einer Brechstange das Eisen im Herd um und wiederholte dieses sogenannte Füttern, welches oft noch ein drittes Mal vorgenommen wurde. Dadurch wurde der Graphitgehalt des Roheisens vermindert und seine Festigkeit erhöht. Karsten lobt und empfiehlt dieses Verfahren. Das durch den Fütterungsprozefs erhaltene Roheisen ist nach ihm ein Gemenge von grauem und stahlartigem Roheisen, ein Produkt, das sich direkt gar nicht im Hochofen darstellen läfst.

1819 hatte John Thompson ein Patent genommen, Eisenerze im Flammofen auszuschmelzen. Zu diesem Zweck sollten die Erze gepulvert und mit Kohle und Zuschlägen innig vermischt, zu Kugeln

Digitized by Google

geballt, eingesetzt werden. Das flüssige Eisen sollte direkt in Formen gegossen werden. Dieser Vorschlag hat nur als ein Vorläufer des Erzstahlprozesses ein Interesse.

Je mehr der Koksofenbetrieb sich ausbreitete, je mehr ging man dazu über, das Roheisen zum Vergiefsen umzuschmelzen. Auch beim Umschmelzen verhalten sich die verschiedenen grauen Roheisensorten sehr verschieden. Zum Tiegelgufs ist ein reines halbiertes Eisen am besten. Zum Umschmelzen in Schachtöfen eignete sich am meisten ein gares, graues Roheisen, welches aus nicht zu leichtflüssiger Beschickung und in hohen und engen Obergestellen erzeugt worden war. Ebenso mufste man zum Umschmelzen im Flammofen ein graues Roheisen von strengflüssiger Beschickung, in hohen Obergestellen erblasen, wählen. Wo es besonders auf Festigkeit ankam, wie beim Geschützgufs, schmolz man das graue Roheisen zweckmäfsig erst einmal im Flammofen um.

Beim Kupolofenbetrieb war es nützlich, zuweilen einige Stücke Kalk als Flufsmittel besonders für den an den Masseln haften gebliebenen Sand einzuwerfen. Zu Birmingham wurde ein Dampfkessel durch die Flamme eines Kupolofens geheizt. Die Kupol- oder Wilkinsonöfen im mittleren England waren meist 7 engl. Fufs hoch. Man blies mit $1^1/_2$ bis 2 Pfd. Windpressung, hatte 5 bis 7 Proz. Abbrand und 23 bis 30 Proz. Koksverbrauch.

Die Herde der Flammöfen waren entweder auf einem massiven Mauerwerk oder auf einem starken Gewölbe oder auch auf eisernen Platten, welche man auswechseln konnte, errichtet. Als Herdmasse eignete sich reiner Flufssand, in dessen Ermangelung man am besten gebrannten Quarz verwendete. Die englischen Gufsflammöfen waren aus den Bleischmelzöfen entstanden und hatten von diesen den tiefen Sumpf und stark geneigten Herd überkommen (vergl. Fig. 33). An dieser vererbten Form hielt man lange Zeit fest. Erst in dieser Periode ging man zu ebenen Herden und flachen Gewölben (Fig. 68, a. f. S.) über, welche für das Umschmelzen des Eisens aus verschiedenen Gründen zweckmäfsiger waren. Das Einsetzen und Einschmelzen des Roheisens am höchsten Punkt des Herdes nahe der Feuerbrücke hatte immer einen stärkeren Eisenabbrand zur Folge. Allerdings gestattete der flache, fast horizontale Herd das Ausschöpfen mit Giefskellen nicht. Wollte man das Eisen mit Giefskellen entnehmen, so mufste dem Herd unmittelbar vor der Einsatzthür eine Vertiefung gegeben werden. Doch kam man von dem Schöpfen des Eisens mehr und mehr ab. Statt dessen brachte man

Digitized by Google

eine Abstichöffnung an der langen Seite des Herdes unter der Einsatzthür an, aus der man jeder Zeit, ähnlich wie beim Kupolofen, beliebige Mengen von geschmolzenem Eisen entnehmen konnte. In Staffordshire waren Öfen mit Doppelgewölben in Gebrauch. Die zwei aneinanderstofsenden Gewölbe sollten die Flamme mehr auf den Herd niederdrücken. Derartige Flammöfen befanden sich zu Horseley bei Dudley und zu Stourbridge [1]).

Von gröfster Wichtigkeit war bei den Gufsflammöfen das Verhältnis zwischen Rostfläche, Herd und Fuchs. Auch die Gestalt des

Fig. 68.

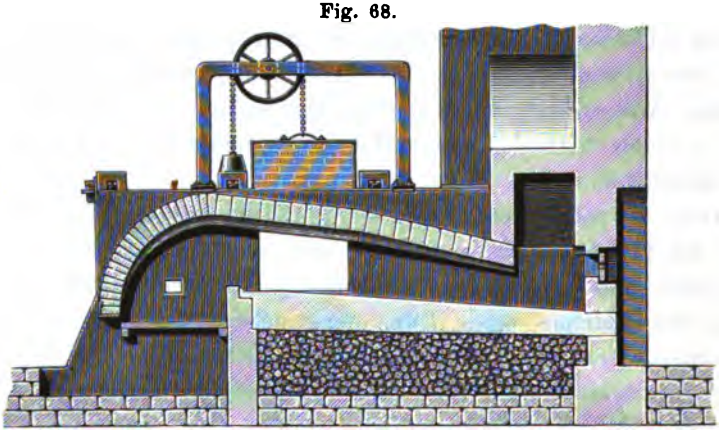
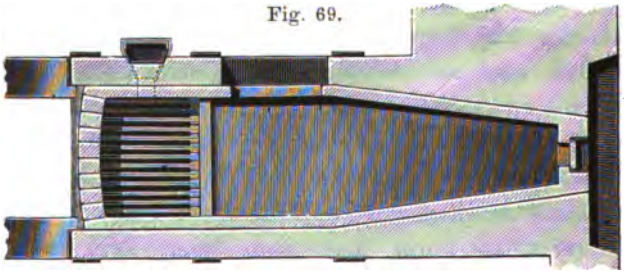


Fig. 69.



letzteren war von Einfluls. Man machte denselben am besten trichterförmig, mit dem gröfseren Querschnitt gegen die Esse zu. Die Esse mufste vor dem Ofen stehen und durfte der Fuchs nicht seitlich in dieselbe geleitet werden. Um die Fuchsöffnung nach Bedürfnis z. B. bei einer anderen Kohlensorte verengern zu können, brachte man gern einen gemauerten Fuchsdamm an, der für die gröfste Weite gerichtet war und den man durch Aufschütten von Sand erhöhen und dadurch

[1]) Siehe Coste et Perdonnet, a. a. O., S. 208, Pl. VII, Fig. 5 und 6.

Digitized by Google

die Fuchsöffnung verkleinern konnte. Das richtige Verhältnis zwischen Fuchs- und Rostfläche mufste für jede Steinkohlenart durch Versuche ermittelt werden. Die Essen der Gufsflammöfen machte man etwa 60 Fufs hoch und versah sie zweckmäfsig mit einer Klappe an der Ausmündung.

Bei den Flammöfen mit horizontalen Herden bedurfte das Einsetzen des Roheisens keiner besonderen Vorsicht, wie bei den stark geschweiften Herden, und es bildete sich weniger Schaleneisen. Karsten stellte die wichtigsten Gesichtspunkte, auf welche bei Erbauung eines Gufsflammofens Rücksicht zu nehmen ist, wie folgt, zusammen [1]):

1. Die Höhe der Esse. Je höher dieselbe sein kann, desto schneller und vorteilhafter wird, unter übrigens gleichen Umständen, die Schmelzung erfolgen.

2. Das Verhältnis des Querschnitts zur Gröfse der Fuchsöffnung. Es scheint, dafs dieses füglich bis zum Verhältnis von $2^1/_2$ bis 3 zu 1 erhöht werden kann.

3. Das Verhältnis der Gröfse des Rostes zum Flächeninhalt des Schmelzherdes.

4. Das Verhältnis der Gröfse des Rostes zur Fuchsöffnung. Bei gleichen Rostflächen wird dies Verhältnis abhängig sein von der Beschaffenheit der Steinkohle und von der Länge des Herdes.

5. Die Lage des Rostes gegen die Brücke. Bei gleicher Länge der Öfen werden stark flammende Steinkohlen tiefer liegende Roste erhalten müssen, als Steinkohlen, die nur wenig Flammen geben.

6. Die Höhe des Gewölbes über dem Schmelzherd.

7. Die Höhe der Feuerbrücke oder die Entfernung des Herdes von der oberen Fläche der Brücke. Graues Eisen von strengflüssiger Beschickung braucht nur 5 Zoll hohe Brücken, während Eisen, das zum Weifswerden geneigt ist, höhere Brücken von 8 bis 9 Zoll erfordert.

Der Schmelzverlust war sehr viel von der zweckmäfsigen Konstruktion der Öfen abhängig und schwankte von 6 bis 7 Proz. bis zu 15 Proz. Bei stark geneigten Herden war er immer um mehrere Prozent höher. Der Brennmaterialaufwand stellte sich beim Flammofenschmelzen damals ungefähr ebenso hoch als beim Kupolofen.

Was das Gieifsen selbst betrifft, so wendete man bei grofsen Stücken den aufsteigenden Gufs mit kommunizierenden Einguisröhren da an, wo man befürchtete, dafs das einfallende oder rasch fliefsende

[1]) Siehe Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 978.

Digitized by Google

Eisen ein Auswaschen der Form veranlassen könnte. Die Sandformerei fand in jener Periode immer mehr Verbreitung. Bei dem Munitionsgufs hatte man sogar angefangen, die Kerne der Hohlkugeln aus Sand herzustellen[1]). Dies geschah in sehr genau gearbeiteten messingenen Kernbüchsen. Die Kernspindel, Fig. 70, in welche man, um den Sand festzuhalten, noch drei Querhölzchen steckte, wurde von der messingenen Kernbüchse, welche aus zwei Hälften und einem Deckel bestand, umschlossen. Die Kernbüchse wurde mit einem Schliefshaken geschlossen, mit der Spindel in einen eisernen Untersatz gesteckt (Fig. 71), mit Sand angefüllt und dieser mit einem Stampfholz nicht zu fest eingestampft. Dann legte man den Deckel auf die Öffnung der Kernbüchse und drückte den Sand fest, der dadurch eine völlig kugelförmige Gestalt erhielt. Hiernach öffnete man die Schliefse, welche die beiden Teile des Kernkastens zusammenhielt, nahm den Kern heraus, schwärzte ihn mit Kohlenstaub und trocknete ihn über Kohlenfeuer, worauf er zum Gufs fertig war.

Fig. 70.

Fig. 71.

Bei dem Kunstgufs z. B. von Statuen wendete man häufig ebenfalls eine Art von Kastenformerei an, indem man ein vorher fertig gestelltes Modell in Kasten abformte, wozu man eine sehr feine Formmasse, welche alle Eindrücke des Modells annahm, wählte. Das Modell war in einzelne Teile geteilt und ebenso teilte man den Mantel nach dem Einformen in so viele Teile, als nötig war, um jeden unbeschädigt abheben zu können.

Emaillierte Gufsgeschirre kamen gleichfalls in immer allgemeinere Aufnahme und zwar ging Deutschland hierin voraus. Das Hüttenwerk Lauchhammer führte diese Fabrikation 1815 bis 1820 mit gutem Erfolg ein; ihm folgte Gleiwitz und dann 1822 bis 1824 Horzowitz, Blansko und Troppau. Dagegen war diese Fabrikation in Frankreich und England 1828 noch nicht gelungen. Zu der Email- oder Grundmasse bediente man sich gewöhnlich der Kieselerde (gebrannter und gemahlener Quarz), welche, mit Borax geschmolzen und dann mit etwas gebranntem und geschlämmtem Thon versetzt, nafs vermahlen wurde. — Zur Glasur wendete man in der Regel Feld-

[1]) Karsten, Handbuch d. Eisenhüttenkunde, §. 806, Taf. XXVI, Fig. 24 bis 27.

Digitized by Google

spat mit einem Zusatz von Natron und Borax an und setzte, um der Glasur die Eigenschaft des besseren Deckens mitzuteilen, etwas Zinnoxyd zu[1]). In England machte man damals sehr leichtes verzinntes Gufsgeschirr. Der Formsand, den man dabei anwendete, war mit etwas Steinkohlenpulver vermischt. Die gegossenen Gefäfse wurden in einem Ofen, der einem Glasofen ähnlich war, getempert. Diejenigen, welche unrund aus der Form kamen, wurden in einem Flammofen stärker erhitzt und hierauf eine ringförmige Schablone, welche genau die verlangte Form hatte, mit einigen Hammerschlägen in dieselben getrieben. Die Töpfe wurden dann aufsen mit einer Feile, innen mit Meifseln poliert, indem man sie mittels einer Holzbüchse auf eine Drehscheibe spannte. Dann brachte man das Zinn in den Topf, rieb die Wände mit Salmiak, schwenkte um und gofs das überflüssige Zinn in einen anderen Topf[2]).

Die Herstellung von schmiedbarem Gufs war schon in der vorhergehenden Periode ein selbständiger und wichtiger Industriezweig geworden. In Frankreich gelang es 1818 Baradelle und Déodor, die Fabrikation des schmiedbaren Gusses einzuführen, wofür sie am 23. Septbr. 1818 den von der Gesellschaft zur Beförderung der nationalen Industrie ausgesetzten Preis von 3000 Franken erhielten[3]). Sie waren die ersten, denen es seit Reaumur gelungen war, diesen Industriezweig im grofsen zu betreiben.

In Deutschland hatte dieses Verfahren noch keinen Eingang gefunden und was man davon wufste, beruhte auf der berühmten Schrift Reaumurs. Karsten behauptete noch, ein Gemenge von Knochenasche mit Kohlenpulver sei das beste Aduzierungsmittel, dagegen seien Blutsteinpulver oder rotes Eisenoxyd und Kreide zu stark wirkende Mittel. Das beste Gufseisen zum Adouzieren sei das aus alten Stahl- und Stabeisenabgängen mit Kohlen im Tiegel geschmolzene weifse Roheisen[4]).

Kastner unterzog 1823 den Prozefs der Darstellung schmiedbaren Gusses einer wissenschaftlichen Untersuchung[5]), wobei er zu folgenden Resultaten kam: 1. Schwefel oder schwefelsaure Salze enthaltendes Eisenoxyd ist als Glühmittel unbrauchbar. 2. Der benutzte

---

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 1092.

[2]) Coste et Perdonnet, a. a. O., S. 212.

[3]) Siehe Bericht von Gillet de Laumont in den Annales des mines 1819, IV, 159.

[4]) Siehe Karsten, Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., §. 154.

[5]) Siehe Neues Kunst- und Gewerbeblatt 1823, 9. Jahrg., S. 124, und Wedding, Eisenhüttenkunde III, 461.

Digitized by Google

Roteisenstein kann wieder benutzt werden, nachdem er einige Zeit unter Besprengung mit Wasser und häufigem Umrühren an der Luft gelegen hat und durch Erhitzen wieder vom Wasser befreit worden ist. 3. Dichter Roteisenstein und faseriger Brauneisenstein lassen sich ebensogut wie der gewöhnliche rote Glaskopf verwenden, wogegen Braunstein kein vollkommen weiches Eisen ergab.

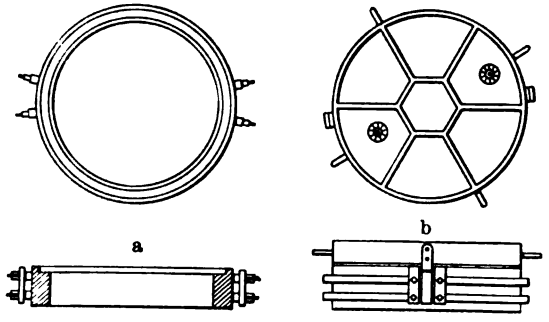
Fig. 72.

Auch Kastner ist der Ansicht, dafs das Glühen zwischen Kalk oder Sand denselben Erfolg haben könne.

Die erste praktische Anwendung des Prozesses in Deutschland scheint 1829 in Traisen bei Lilienfeld in Österreich gemacht worden zu sein.

Hartguſs, d. h. Coquillenguſs mit abgeschreckter Oberfläche, wendete man bei Herstellung der Eisenbahnräder an[1]). Diese hatten einen hartgegossenen (case hardened) Radkranz, indem man durch Erfahrung gefunden hatte, dafs so hergestellte Räder weniger Reibung erzeugten und länger hielten. Um die ungleiche Spannung in der Nabe, die durch das Abschrecken des Kranzes entstand, unschädlich zu machen, gab man dem Rad die Form Fig. 72 und spaltete die Nabe, indem man beim Formen ein dünnes Eisenblech einsetzte. Um die gespaltene Nabe wurde ein schmiedeeiserner Ring heifs aufgezogen. Man machte auch Räder mit schmiedeeisernen Speichen, welche eingegossen wurden, doch waren diese nicht so dauerhaft. Die Räder hatten etwa 30 Zoll Durchmesser und wogen 140 kg das Stück.

Fig. 73.



Zum Hartmachen des Radkranzes bediente man sich der Coquille (Fig. 73 a), deren innere Fläche genau der Fläche des Radkranzes entsprach und welche mit eingeformt wurde. Man vergofs graues, weiches Roheisen, welches aber an der Berührungsstelle mit der

[1]) Siehe v. Oeynhausen und v. Dechen über Schienenwege in England 1826/27; Karstens Archiv XIX, 60.

Digitized by Google

Coquille weifs und hart wurde und bediente sich dazu des Formkastens, Fig. 73 b. Im Bruch zeigte das Rad von aufsen einen weifsen Ring von eigentümlichem, strahligem Gefüge, welcher etwa $^1/_2$ Zoll tief eindrang, während das Innere grau war. Der Kranz war so glatt, dafs er nicht weiter abgedreht zu werden brauchte.

Hartgufswalzen kannte man schon lange. Sie werden erwähnt in einem Patent (Nr. 3601) von John Burn von 1812. Die Herstellung derselben geschah in der Weise, dafs die Walzenkörper in starken eisernen Coquillen gegossen wurden, während man die beiden Zapfen in Lehm formte[1]). William Church nahm 1815 ein Patent (Nr. 5084) Hartgufsstücke in Coquillen unter Druck herzustellen.

Jakob Hollingrake zu Manchester erhielt 1819 ein Patent auf ein Verfahren, beim Gufs von Metallen ein dichteres Gefüge zu erzielen. Zu diesem Zweck will er in die Formen, nachdem das flüssige Metall eingegossen ist, eiserne oder andere Stempel einpressen, um das Metall unter hohem Druck erstarren zu lassen, wodurch ein dichteres, gleichförmiges Gefüge entstehen soll. Es war nur die Idee, die sich Hollingrake patentieren liefs, zur praktischen Ausführung scheint sie damals nicht gekommen zu sein.

Das Eisenfrischen 1816 bis 1830.

Wie die richtige Erkenntnis der Schlackenbildung und die chemische Untersuchung der Schlacken in dieser Periode wesentlich zur Aufklärung des Hochofenprozesses beitrug, so läfst sich dasselbe von dem Frischprozefs sagen. Man hatte empirisch längst zwischen Garschlacken und Rohschlacken unterschieden, aber erst die chemische Analyse stellte diesen Unterschied klar und die genauere Untersuchung der Frischschlacken in den verschiedenen Stadien des Frischprozesses führte erst zu einer richtigen Theorie desselben. Man erkannte namentlich die hohe Bedeutung der Schlacken und dafs diese eigentlich die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Eisen vermittelten. Karsten gebührt auch hier das Verdienst, den Vorgang mit gröfster Klarheit erkannt und erklärt zu haben. Alles Roheisen, welches viel Silicium enthält, giebt eine rohere Frischschlacke als Roheisen mit geringem Siliciumgehalt. Die von siliciumreichem Eisen beim Beginn des Frischens fallende Schlacke enthält

[1]) Siehe ausführliche Beschreibung von Martius, Über die Anfertigung der Hartgufswalzen von Gufseisen in Karstens Archiv der Mineralogie u. s. w. 1834, VII, 3.

Digitized by Google

mehr Kieselsäure als ein einfaches Silikat; es nähert sich einem Bisilikat. Erst nach einiger Zeit tritt die Bildung einer normalen Rohschlacke ein, welche in ihrer Zusammensetzung im allgemeinen einem Singulosilikat entspricht. Im weiteren Verlauf nimmt die Schlacke immer mehr Eisenoxydul auf und geht nach und nach in Garschlacke über, deren Kieselsäuregehalt zuletzt so gering wird, dafs die Masse nicht mehr verglast, sondern als gesinterte Masse, Schwahl, erscheint. Eine bestimmte Grenze zwischen Roh- und Garschlacke giebt es nicht.

Folgende Analysen[1]) geben über die Zusammensetzung von Roh- und Garschlacke Aufschlufs:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	7,60	38,55	28,0	11,10
Eisenoxydul	82,10	44,48	61,2	84,30
Manganoxydul	6,80	11,05	6,7	2,80
Kalkerde	—	3,13	0,9	0,13
Bittererde	2,80	—	2,4	1,05
Thonerde	1,10	3,15	0,2	0,09
	100,40	100,36	99,4	99,47

I. ist eine sehr gare und II. eine sehr rohe Schlacke von Skebo; beide Analysen rühren von Sefström her, III. ist eine Rohschlacke von Rybnik vom Anfang des Verfrischens von grauem Roheisen, IV. eine Garschlacke aus einer späteren Periode desselben Frischversuches; beide Analysen sind von Karsten. Dafs reine Rohschlacke ein Singulosilikat sei, ging auch daraus hervor, dafs dieselbe bei dieser Zusammensetzung krystallisierte. Mitscherlich untersuchte krystallisierte Frischschlacke und fand dieselbe zusammengesetzt aus 67,24 Eisenoxydul und 31,16 Kieselsäure, mit einer geringen Beimischung von 0,65 Bittererde. Berthier, der die Puddelschlacken chemisch untersuchte, hat keine bestimmten Verbindungen von Eisenoxydul und Kieselsäure nachweisen können, sondern fand nur in jedem Stadium des Prozesses wechselnde Gemenge[2]).

Die Frischschlacke und zwar die Garschlacke ist es, welche die Oxydation des Kohlenstoffs im Roheisen, also das Frischen, bewirkt. Nach Karsten's Erklärung (2. Aufl., §. 1145) geschieht dies durch das überschüssige Eisenoxydul derselben, welches die Oxydation des

[1]) Analysen von Sefström in Jern Kontorets Annaler 1825 und Karstens Archiv XIV, 202; Analysen von Berthier, Annales des mines IX, 795, Karstens Archiv XI, 351; Analysen von Karsten, Archiv XV, 44 und 61.

[2]) Annales des mines IX, 795.

Digitized by Google

Kohlenstoffs unter Reduktion zu Eisen bewirkt. Diese Reaktion dauert nach Karsten so lange fort, bis die Schlacke wieder zu Rohschlacke geworden ist, vorausgesetzt, dafs ein Überschufs an Roheisen vorhanden ist. Obgleich diese Theorie nicht ganz richtig ist und durch spätere Beobachtungen modifiziert wurde, kam sie doch der Wahrheit nahe und war ein grofser theoretischer Fortschritt. Karsten prüfte an der Hand derselben die Vorgänge bei den Frischprozessen auf das genaueste.

Die Schlacken, welche beim Hartzerennen fielen, haben sich nach den Analysen Berthiers als Garschlacken, welche sich in ihrer Zusammensetzung einem reinen Subsilikat nähern, erwiesen. Auch hierbei war der Gehalt an Kieselsäure und Manganoxydul am Anfang des Prozesses am gröfsten, am Ende desselben am geringsten.

Alles Frischroheisen erblies man damals noch, wenn die Erze nicht von besonderer Güte waren, grau, weil man nur aus grauem Roheisen die Verunreinigungen genügend abscheiden konnte. Durch den zu raschen Verlauf des Frischprozesses mit weifsem Roheisen blieb diese Abscheidung ungenügend. Anders verhielt sich dies bei dem weifsen Eisen, welches man durch einen besonderen Reinigungsprozefs aus dem grauen Eisen erhalten hatte. Ein solches Reinigen, wie es bei dem Hartzerennen und in den Feineisenfeuern geschah, wendete man mit Vorliebe besonders bei Koksroheisen an. Es hatte nicht nur den Zweck, die Unreinigkeiten zum Teil schon vorher zu entfernen, sondern auch das Roheisen in einen Zustand überzuführen, in welchem es leichter frischte. Dieses war bei dem weifsen Eisen der Fall, welches dick und breiartig einschmolz, während graues Eisen zwar schwer, aber dünnflüssig einschmolz und dadurch sich der frischenden Wirkung der Luft weit mehr entzog.

Man versuchte dieses Weifsmachen des grauen Eisens in manchen Gegenden schon im Gestell des Hochofens zu bewirken. Dies konnte geschehen durch das erwähnte Füttern mit reinen Eisenerzen durch die Windform oder durch ein Umlegen der Form, so dafs der Windstrom abwärts auf das flüssige Eisen geleitet wurde, wie dies bei der Schleidenthaler Arbeit (vgl. Bd. II, S. 204) der Fall war. Ein dem letzteren ähnliches Verfahren war auf mehreren Hochöfen von Berry in Gebrauch. Hier hatte man zwei Formen, von denen die eine in gewöhnlicher Stellung festlag, während man die andere von Zeit zu Zeit richtete, so dafs sie auf das Eisen blies und dies entkohlte. Es war dies ein verbessertes Verfahren der Schleidenthaler Arbeit, weil hierbei der Schmelzprozefs nicht unterbrochen wurde. Alle diese

Digitized by Google

Verfahren waren nur bei sehr gutartigen Erzen und leichtflüssiger Beschickung anwendbar.

Anthony Hill nahm 1817 ein Patent darauf, das Eisen dadurch zu feinen, dafs er das flüssige Eisen durch ein siebartiges Gefäfs laufen liefs; die dünnen Metallstrahlen fielen durch ein geschlossenes Rohr, wo sie mit einem Windstrom in Berührung kamen, in Wasser. Hierdurch sollte das Roheisen gefeint und granuliert werden.

Eine andere Methode bestand darin, das graue Roheisen durch Umschmelzen im Flammofen weifs zu machen. Der Ofen mufste hierbei einen flachen Herd haben, um dem Metall viel Oberfläche zu geben, auch schmolz man keine grofsen Sätze auf einmal ein. Dieses Verfahren war von Vanderbrock 1826 auf dem Hüttenwerk zu Geislautern versucht worden [1]). Um das Weifsen zu beschleunigen, setzte man dem Roheisen Garschlacken zu, entweder vor oder nach dem Einschmelzen, und rührte die flüssige Masse um. Gewöhnlich bestand der Einsatz aus 15 bis 18 Ctr. Roheisen und 3 bis 4 Ctr. Frischschlacken. Durch Schöpfproben überzeugte man sich von dem Fortgang des Prozesses. Man stach das weifs gemachte Eisen mit den Schlacken ab und übergofs es mit einer reichlichen Menge Wasser. Der Abbrand betrug 1 bis 3 Proz., der Kohlenverbrauch 1 Kbffs. auf den Zentner Weifseisen.

Bei dem Verfahren, das Weifsen durch Einrühren von Schlacken zu bewirken, wurden die Unreinigkeiten des Eisens nur sehr wenig abgeschieden. Aus diesem Grunde wendete man häufiger das Weifsen im Feineisenherd vor dem Gebläse an; besonders bei Steinkohlenbetrieb, weil man Koks dabei verwenden konnte. Dieses Feinen hatte die gröfste Ähnlichkeit mit dem Hartzerennen, doch wurde bei ersterem eine weitgehendere Abscheidung des Kohlenstoffs und der Verunreinigungen des Eisens erreicht. Berthier fand eine bedeutende Menge Phosphorsäure in der Schlacke eines Feineisenfeuers.

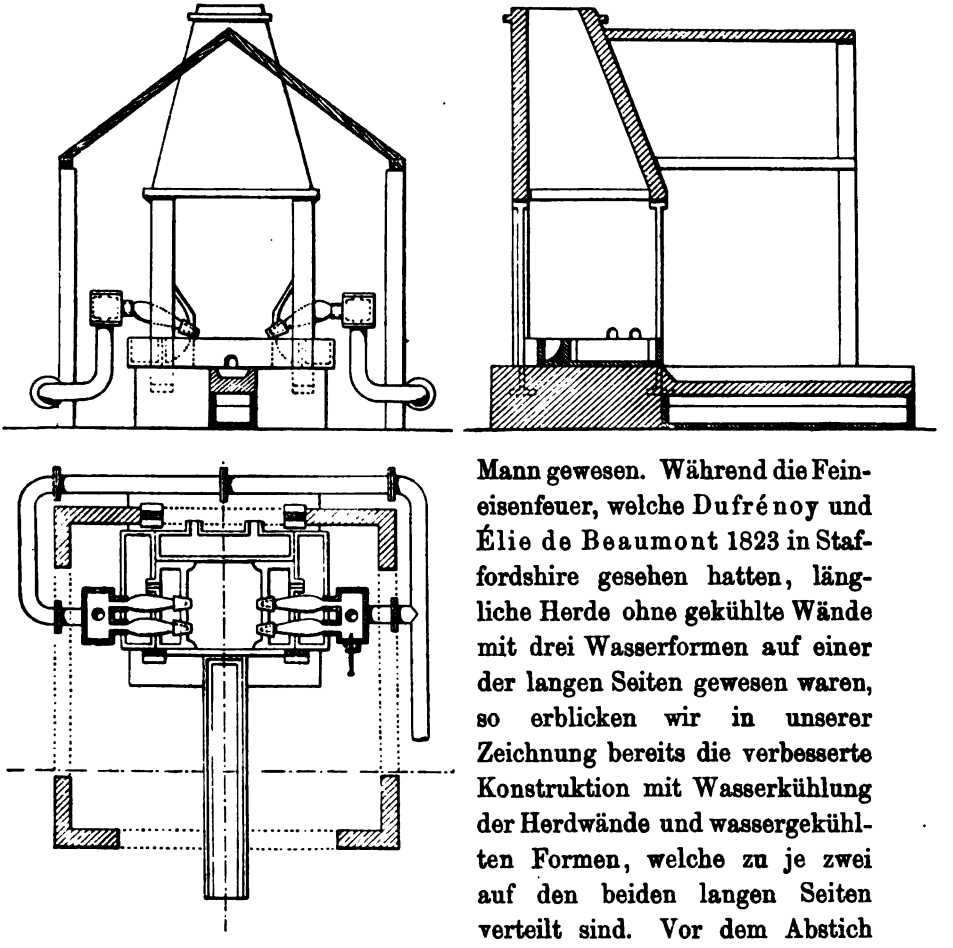
Die Schlacke des Feineisenfeuers entsprach der Rohschlacke beim Einschmelzen im deutschen Frischherd und in der That hatte das erste Einschmelzen des Roheisens bei dem deutschen Frischverfahren auch keinen anderen Zweck, als das graue Roheisen in den Zustand des Weifseisens überzuführen, was bei so niedriger Temperatur geschah, dafs die teigige Masse sich aufbrechen liefs. Die englischen Feineisenfeuer selbst bekamen in dieser Periode die Form länglicher

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 1211, wo auch die Dimensionen des Flammofens mitgeteilt sind.

Digitized by Google

Herde, welche statt von eisernen Platten von hohlen eisernen Kasten umgeben waren, in welchen fortwährend Wasser zirkulierte. Fig. 74 stellt ein solches Feineisenfeuer von Dudley in Staffordshire dar[1]). Nach Parry wäre der Erfinder dieser Konstruktion ein unbekannter

Fig. 74.



Mann gewesen. Während die Feineisenfeuer, welche Dufrénoy und Élie de Beaumont 1823 in Staffordshire gesehen hatten, längliche Herde ohne gekühlte Wände mit drei Wasserformen auf einer der langen Seiten gewesen waren, so erblicken wir in unserer Zeichnung bereits die verbesserte Konstruktion mit Wasserkühlung der Herdwände und wassergekühlten Formen, welche zu je zwei auf den beiden langen Seiten verteilt sind. Vor dem Abstich befindet sich eine 3 m lange und 0,457 m breite eiserne Rinne, in welcher man das „fine metal“ laufen liefs. Die Formen hatten eine Neigung von 30, manchmal bis zu 45°. Der Herd war 1,06 m lang, 0,96 m breit und 0,35 m tief. Ein Feineisenfeuer brauchte viel Wind, nach Dufrénoy und Beaumont $^1/_8$ der Windmenge eines Hochofens, also ca. 3 bis 4 Pferdekräfte. Die fünf Feineisenfeuer der

[1]) Nach Coste et Perdonnet, Mémoires métallurgiques 1830, S. 103, Pl. VI, Fig. 1 und 2.

Digitized by Google

Hochofenanlage von Dowlais, welche etwas geräumiger waren als die beschriebenen, wurden von einer Maschine von 60 Pferdekräften bedient, so dafs auf jedes 12 Pferdekräfte kamen. Der Betrieb war kontinuierlich. Man stach jedesmal 20 bis 25 Ctr. Roheisen ab und füllte dann den Herd gleich wieder. Alle drei Stunden konnte ein Abstich erfolgen. Der Abgang betrug 12, höchstens 15 Proz., der Koksverbrauch etwa einen Kubikfufs auf den Zentner Feineisen. Zu Ebbw-Vale wendete man in den zwanziger Jahren, um bestes Ketteneisen (cable-iron) zu machen, gesalzene Koks an, indem man diese in Salzsoole tauchte und dann trocknete. Das Feineisen war um so vollkommnener, je mehr es sich dem Zustand des luckigen Flosses näherte.

Das Eisenpuddeln 1816 bis 1830.

Das englische Flammofenfrischen oder der Puddelprozefs gewann in dieser Periode immer mehr an Bedeutung. Er fand Eingang in Frankreich, Belgien und in Deutschland. In den erstgenannten Ländern wurden bereits grofsartige Puddelwerke angelegt.

Bei dem Puddelprozefs ist es von besonderer Wichtigkeit, dafs das eingeschmolzene Roheisen durch eine Schlackendecke geschützt wird, indem das Eisen, wenn es bei der hohen Temperatur unmittelbar der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft ausgesetzt wäre, zum grofsen Teil verbrennen würde. Auch hier mufsten die Schlacken die Übertragung des Sauerstoffs vermitteln, den Kohlenstoff oxydieren, ohne das Eisen zu verbrennen.

Schwer schmelzbares graues Roheisen galt als zum Verpuddeln weniger geeignet als das leicht schmelzbare weifse Eisen, weil es eine zu hohe Schmelztemperatur besass und zu dünnflüssig war. Hierdurch wurde das Verbrennen des Eisens gefördert, die Entkohlung aber verzögert. Das beste Material war der luckige Flofs oder gefeintes Eisen, und zwar um so mehr, weil es auch reiner, namentlich von Schwefel und Phosphor und Silicium, als das graue Roheisen war. Auf der anderen Seite erforderte das Puddeln von luckigem Flofs oder fine metal wegen des raschen Verlaufes gröfsere Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit der Arbeiter.

Da man sich beim Verpuddeln des grauen Roheisens reichlichen Schlackenzusatzes bediente, so bezeichnete man es auch als Schlackenpuddeln. Über die wichtige Erfindung des direkten Verpuddelns von grauem Roheisen wissen wir Näheres nicht. Schafhäutl schreibt

Digitized by Google

sie einem englischen Hüttenmanne, namens Brown, zu[1]). Die grofse Schlackenmenge, welche sich beim Puddeln des grauen Eisens bildete, zwang zur Anlage einer Fuchsbrücke, welche bei dem Trockenpuddeln nicht nötig war.

1828 erhielt William Jones in England ein Patent auf das Vorwärmen des Roheisens. Er setzte das Roheisen in erhitztem Zustande in den Puddelofen ein und beschleunigte dadurch den Prozefs. Der Vorwärmofen war mit dem Puddelofen verbunden und wurde durch ihn geheizt.

Ein grofser Fortschritt bestand in der Einführung eiserner Herde an Stelle der alten Sandherde in den Puddelöfen. Es geschah dies um 1818 durch Samuel Baldwyn Rogers von Nant-y-Glo, Glamorganshire[2]), und zwar mit grofsem Erfolg, doch nahm er kein Patent darauf. Er bot seine Erfindung den grofsen Hüttenbesitzern A. Hill zu Plymouth-Ironworks, Forman zu Pendarren, Hall zu Rhymney-Ironworks, Homfray zu Tredegar und Crawshay zu Cyfartha zum Kauf an, aber diese spotteten darüber und schenkten der Sache keinen Glauben. Die wöchentliche Produktion eines Puddelofens betrug damals nur 8 Tonnen, Rogers erzielte mit seinem verbesserten Puddelofen 20 bis 24 Tonnen. Es war nicht der eiserne Boden allein, der dies bewirkte, sondern der eiserne Boden in Verbindung mit einer garenden Herdmasse oder einem Flufsmittel. Durch diesen Flufs sollte nach Rogers Angabe der Puddler im stande sein, jede Qualität von Eisen zu erzeugen. Dieser Teil seiner Erfindung wurde durch Mr. Harford auf den Ebbw-Vale-Ironworks zuerst praktisch in Anwendung gebracht.

Rogers Flufs hatte folgende Zusammensetzung:

Gewöhnliches Salz	7½ Pfd.	gepulvert
Salpeter	½ „	
Weifse Thonerde	4 „	getrocknet, gemahlen und gut gemischt.
Manganoxyd	8 „	
Bester Hämatit	16 „	
Ungebrannter Kalk	10 „	
Holzkohlenpulver	12 „	

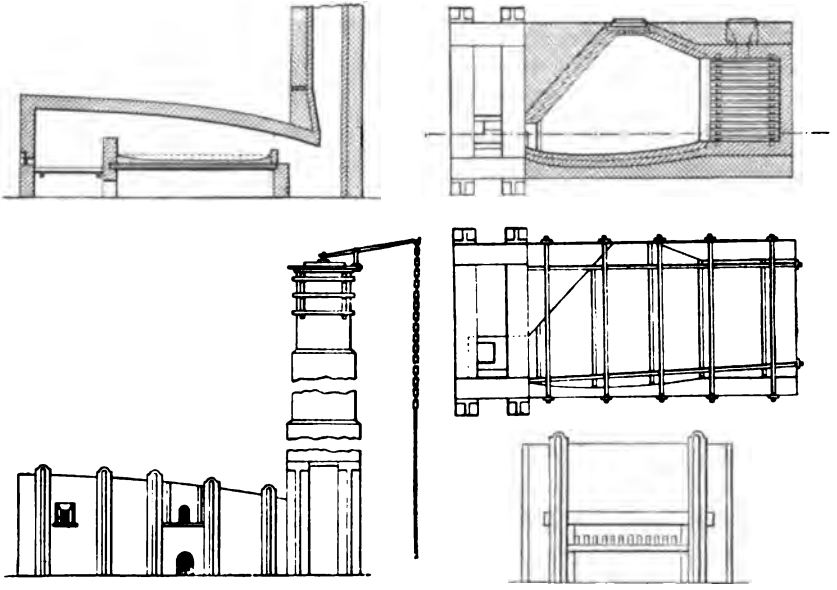
Weder die Anwendung von Flufsmitteln noch von eisernen Böden war neu. Erstere hatte Mushet schon angewendet und lange zuvor war sie schon von John Payne 1728, John Wood 1761 und James

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Zeitg. 1865, S. 295.
[2]) Siehe Percy, Iron and steel, p. 652.

Digitized by Google

Goodyer 1771 vorgeschlagen worden. Eiserne Böden hatten schon Robert Gardner 1788 und William Taylor 1793 in Vorschlag gebracht. Die Verbindung des eisernen Bodens und eines garen Zuschlages, die erfolgreiche Anwendung derselben auf den Puddelprozefs ist das Verdienst Rogers, und wenn die Erfindung als solche nicht sehr bedeutsam zu sein scheint, so war doch ihr Erfolg ein so bedeutender, dafs der eiserne Boden nach wenigen Jahren überall in Anwendung kam. Die Produktion der Puddelöfen erfuhr dadurch eine grofse Steigerung. Rogers hatte nur wenig Dank und keinen Lohn davon; er starb anfangs der 60er Jahre als ein armer Mann im 85. Lebensjahre. Den Herdboden über dem eisernen Boden machte man aus

Fig. 75.



Eisenschlacke, Sand oder Garschlacke (ironslag, sand or scoria). R. S. Harford wendete statt dieser Holzkohlenpulver an (Pat. 4634 vom 9. Januar 1822), wodurch er den eisernen Boden besser zu schützen hoffte. In Frankreich bedeckte man den eisernen Boden der Puddelöfen in der Regel, namentlich nach den Ecken hin, mit strengflüssigen Frischschlacken. Doch wendete man auch zuweilen Kalk an. Versuche, welche zu Couvin in Frankreich 1828 mit Kalk gemacht wurden, lieferten ein günstiges Ergebnis[1]).

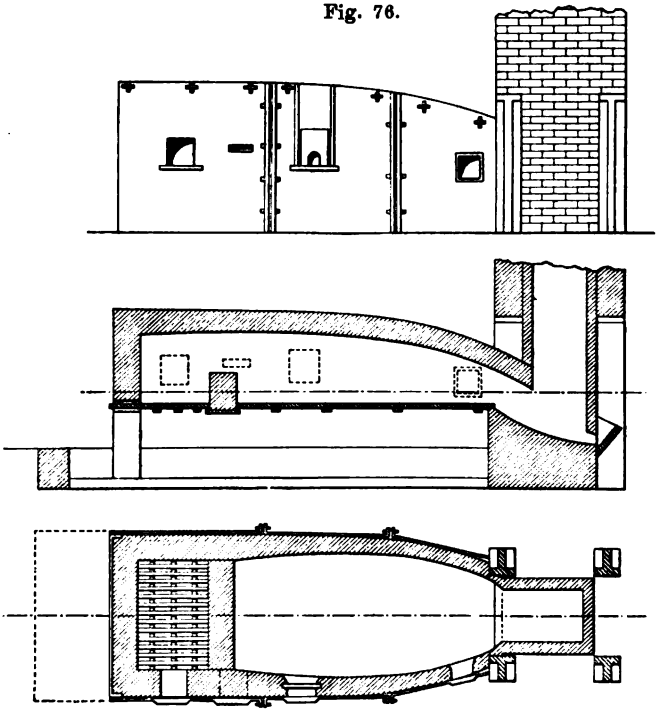
Die Puddelöfen hatten früher aus einem massiven Mauerwerk be-

[1]) Siehe Annales des mines 1828, II. Serie, Vol. IV, p. 498.

Digitized by Google

standen. Man vereinfachte die Konstruktion, indem man den Ofen in einen Mantel von gufseisernen Platten stellte, welchen man nur mit feuerfesten Ziegeln ausmauerte. Die Ziegel waren 9 Zoll lang. Auf ihre Feuerbeständigkeit kam das meiste an. Die eisernen Platten, welche den Herd bildeten, waren 3 bis $3^1/_2$ Zoll dick. Anfänglich bediente man sich einer einzigen Platte, später teilte man sie in drei Platten von 7 bis 8 Fufs Länge und $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Fufs Breite. Sie ruhten auf vier bis fünf gufseisernen Trägern oder auf zwei an den Mantel geschraubten eisernen Platten. Fig. 75 zeigt den Bau und

Fig. 76.



die Einrichtung eines Puddelofens mit eisernem Boden, wie Dufrénoy und Élie de Beaumont solche zu Staffordshire im Jahre 1823 gesehen hatten. — Die Puddelöfen in Süd-Wales hatten eine längliche Gestalt; Fig. 76 giebt die Abbildung derselben nach der Zeichnung von Coste und Perdonnet von 1830.

Der Herd des englischen Puddelofens war in der Regel 6 Fufs lang und 4 Fufs breit, der Rost war $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Fufs lang und 2 Fufs 8 Zoll bis 3 Fufs 4 Zoll breit, je nach der Beschaffenheit der Steinkohlen. Der Rost bestand meist aus zehn geschmiedeten eisernen Roststäben und lag 18 Zoll unter der Feuerbrücke. Der Aschenfall

Digitized by Google

unter dem Roste hatte eine Höhe von 41 Zoll, wovon sich 24 Zoll unter der Hüttensohle befanden. Die Höhe der Feuerbrücke bis zum Gewölbe betrug 10 Zoll. Das Gewölbe senkte sich nach der Fuchsöffnung. Der Herd des Puddelofens lag bei der Feuerbrücke 10 Zoll unter dieser. Der Sandherd war muldenförmig, an seiner schwächsten Stelle 9 Zoll dick. Die Fuchsöffnung war 12 Zoll breit und 12 Zoll hoch, die wirkliche Höhe betrug durch die Sandaufschüttung aber nur 8 bis 9 Zoll. Die Arbeitsthür war von Gufseisen und inwendig mit feuerfesten Ziegeln ausgemauert. In der Mitte derselben unten befand sich ein kleineres Thürchen, die eigentliche Arbeitsöffnung. Die Thür bewegte sich in gufseisernen Schienen von 14 Zoll Abstand und wurde durch einen Hebel aufgezogen. — Die Esse, welche 30 bis 45 Fufs hoch war, konstruierte man mit gröfserer Sorgfalt wie früher und stellte sie, um Mauerwerk zu sparen und um den grofsen Temperaturschwankungen widerstehen zu können, in eine starke eiserne Verankerung [1]). Der Querschnitt der Esse war rechtwinkelig. Gewöhnlich leitete man zwei Puddelöfen in eine Esse, welcher man dann einen länglichen Querschnitt gab. Legte man die beiden Puddelöfen nebeneinander, so erhielten sie eine gemeinschaftliche Seitenmauer. Man ging aber in dieser Zeit bereits zu Doppelöfen über, bei welchen zwei Puddelöfen ohne Scheidewand vereinigt waren. Bei diesen mufste die Arbeit des Einsetzens, Rührens und Luppenmachens gleichzeitig geschehen, aber sie erfolgte von zwei Seiten aus durch die beiden gegenüberliegenden Arbeitsthüren. Der Zweck war Kohlenersparung.

Eine andere Konstruktion, welche man in England an einigen Orten eingeführt hatte, bestand darin, dafs man zwei Herde übereinander anlegte und die Flamme von dem unteren über den oberen hinführte. Auf dem oberen Herde wurde das Roheisen vorgewärmt und zwar bis zu einem breiartig erweichten Zustande. Die Anordnung der übereinandergebauten Herde hatte sich indefs nicht bewährt. Doch bemerkt Karsten mit Recht: es ist indefs zu erwarten, dafs dies vorteilhafte Verfahren nicht wieder in Vergessenheit kommen wird, wenn man auch die Vorrichtung nur so trifft, dafs man das zu verfrischende Roheisen durch die jetzt unbenutzte Flamme in eine anhaltende und starke Glühhitze versetzt, durch welche das Feineisen schon bedeutend vorbereitet (gebraten) werden würde, wenn es demnächst auch in einem fast erkalteten Zustande auf den Herd des Frischofens gebracht würde.

---

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., 2. Aufl., §. 1232 und 1233. Tab. VII.

Digitized by Google

Die Sandherde erhielten sich noch einige Zeit neben den eisernen Herden. Man konnte auf den letzteren das Eisen nicht unmittelbar einsetzen, sondern man beschüttete die eiserne Herdplatte vorher einige Zoll hoch mit gepochter schwer schmelzender Frischschlacke, welche durch scharfes Feuer in einen breiartigen Fluſs gebracht wurde und dann die eigentliche Grundlage für das zu puddelnde Roheisen bildete.

Es ist leicht einzusehen, daſs bei dem Sandherde ein gröſserer Eisenabbrand statthatte, indem jedes Teilchen oxydierten Eisens gleich Gelegenheit fand, sich mit der Kieselsäure des Herdes zu verbinden, was bei dem basischen Schlackenherde nicht der Fall war.

Man bediente sich zweier verschiedener Frischmethoden. Das trockene Puddeln ohne Schlackenzusatz wurde bei dem Feineisen oder dem luckigen Floſs angewendet, während man das graue und halbierte Eisen mit Schlackenzusatz verschmolz, welches Verfahren man Schlackenpuddeln nannte. Der Roheiseneinsatz betrug $2^1/_2$ bis 4 Ctr., bei Doppelöfen 7 Ctr. Das Frischen trat erst ein, wenn das Eisen in einen breiartigen Zustand übergegangen war. Man schmolz deshalb bei scharfer Hitze, also bei offener Klappe ein und fing dann erst an zu dämpfen. Bei dem Feineisen trat der breiartige Zustand bald, etwa nach 20 Minuten, ein, bei dem grauen Eisen muſste die Schlacke diesen erst herbeiführen, was längere Zeit dauerte und durch Rühren beschleunigt wurde. Hierauf begann dann das eigentliche Puddeln oder Durchrühren bei geschlossener Essenklappe. Erst nach der Frischperiode durfte man, wenn die Masse zu kalt geworden war, wieder eine starke Hitze geben. Die Frischperiode dauerte 40 bis 45 Minuten. Hierauf begann die Schweiſsperiode und das Luppenmachen. Die Luppen (balls) brachte man unter den Hammer oder das Walzwerk.

Die Eisenverarbeitung 1816 bis 1830.

Mit der Verbesserung der Puddelöfen ging die Verbesserung der Hämmer und Walzwerke Hand in Hand.

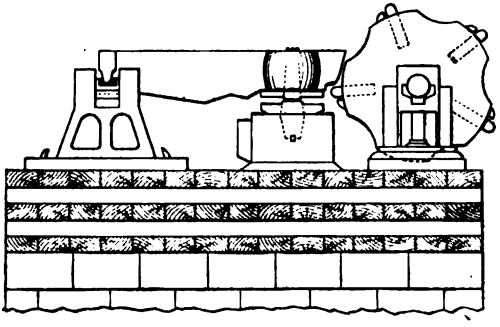
Wie schon früher erwähnt, bediente man sich in England allgemein der schweren eisernen Stirnhämmer in eisernen Gerüsten, um die Luppen aus dem Puddelofen zusammenzuschlagen und dicht zu machen, ehe man sie unter die Vorwalzen brachte. Fig. 77 (a. f. S.) zeigt einen englischen Stirnhammer nach der Abbildung von Dufrénoy

Digitized by Google

und Élie de Beaumont. Man hatte diese Konstruktion in der Weise verbessert, dafs man die 80 bis 100 Ctr. schweren Stirnhämmer nicht mehr unmittelbar am Kopfe, sondern an einer unten angebrachten Verlängerung des Hammerhelmes hob. Dadurch wurde der Amboſs frei und von allen Seiten zugänglich. Die hebende Kraft muſste aber stets möglichst nahe am Kopfe des Hammers, dessen Hub nur 9 bis 10 Zoll betrug, angreifen. Bei diesen schweren Hämmern war die Hammerbahn im Kopfe des gufseisernen Hammers eingelassen und festgekeilt, um dieselbe, wenn sie schadhaft geworden war, herausnehmen und auswechseln zu können. Man stellte die Hammerbahn zur Bahn des Ambosses in Kreuzform, um nach Umständen auch ausrecken zu können. — Der Amboſs bestand aus zwei Teilen, dem eigentlichen Amboſs, der etwa 400, und der Chabotte, welche 4000 kg wog.

Die Walzwerke konstruierte man sorgfältiger und stärker; die mit Pilarengerüsten (laminoirs à colonnes), welche meist aus geschmiedeten eisernen Pilaren, seltener aus gegossenen Säulen bestanden, wurden mehr und mehr verdrängt durch die mit Ständergerüsten (laminoirs à cage).

Fig. 77.



Nur bei den Blechwalzwerken erhielten sich die ersteren. Hierbei wurden die zwei zusammengehörigen Pilaren durch starke gufseiserne Kappen oder Sättel zusammengehalten. Fig. 78 stellt das Pilarengerüst eines Blechwalzwerks der Rybniker Hütte aus den 20er Jahren dar. Bei den Ständergerüsten gofs man die Ständer mit der Sohlplatte und gewöhnlich auch mit dem Sattel aus einem Stück, so dafs ein solches Gerüst aus zwei gegossenen Ständern bestand. Nur bei den kleineren Ständergerüsten für Schmiedeeisen wendete man ebenfalls bewegliche Sättel an, um schneller ein Auswechseln der Walzen vornehmen zu können. Die feste Verbindung der Ständer oder Pilaren mit dem Fundament war bei den Walzwerken von gröfster Wichtigkeit. Man muſste für viele Walzengerüste schon bei der Fundamentierung auf eine oft notwendig werdende Verschiebung oder Verstellung der Ständer, um längere Walzen einlegen zu können, Rücksicht nehmen. Bei den Vorwalzen und den Stabwalzen war dies nicht nötig, indem man hier alle

Digitized by Google

erforderlichen Einschnitte in den Walzen anbringen konnte, anders verhielt es sich bei Flacheisen-, Blech- und Façoneisenwalzen.

In der Regel lagen in jedem Walzengerüst nur zwei Walzen und man reichte die Stäbe oder Bleche nach jedem Durchgang über die

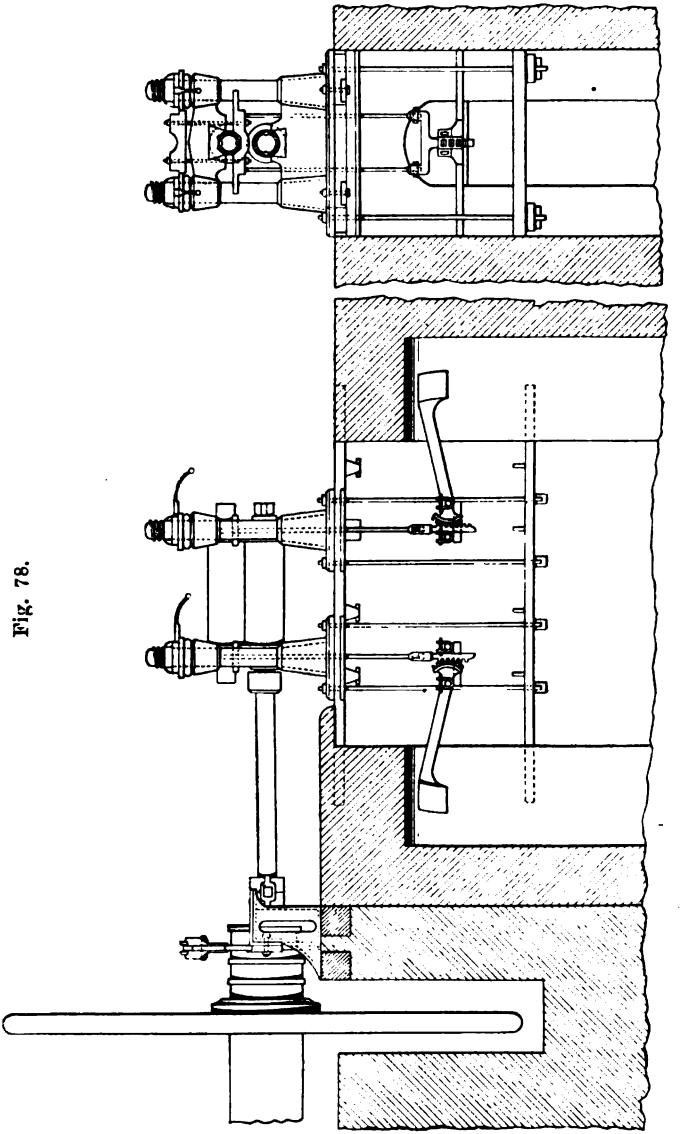


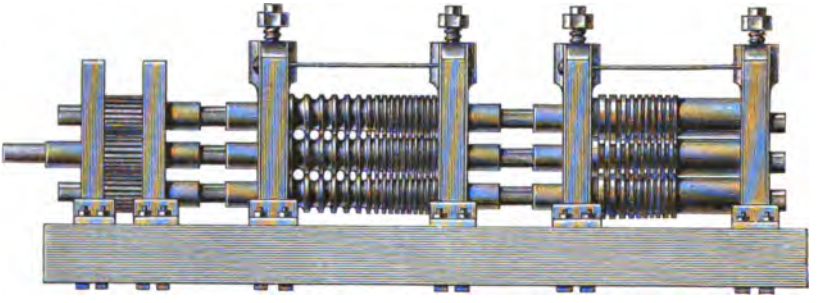
Fig. 78.

obere Walze zurück. Bei dünnen Eisensorten ging aber dadurch zu viel Zeit verloren, und die Stäbe kühlten sich zu sehr ab, wenn man auch den kleinen Walzen eine Umlaufsgeschwindigkeit von 180

Digitized by Google

Drehungen in der Minute gab. Bei diesen pflegte man deshalb drei Walzen übereinander zu legen und das Eisen auch auf dem Rückgang durchzuwalzen. Fig. 79 und 80 stellen ein englisches Feineisenwalzwerk

Fig. 79.



mit drei Cylindern nach Dufrénoy und Élie de Beaumont dar. Die Kuppelung bestand aus einem angegossenen Kreuz, über welche eine Muffe geschoben wurde (Fig. 81). Die mittlere Walze, welche mit der bewegenden Kraft in Verbindung stand, wurde mit den anderen Walzen durch Kuppelungsräder verbunden (s. Fig. 79).

Fig. 80.

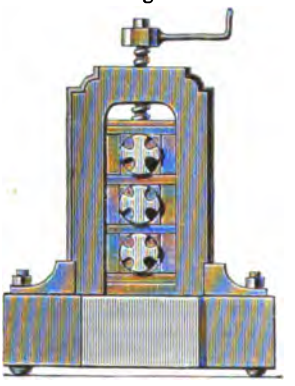
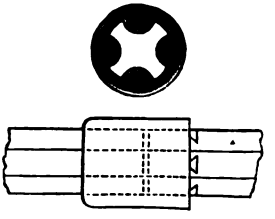


Fig. 81.



Bei den Vorwalzen, den Stab- und Bandeisenwalzwerken wurde die Oberwalze durch die Stellschraube so fest gegen die untere Walze gedrückt, dafs ein Heben nicht statthatte. Beide Walzen blieben in unveränderter Stellung zu einander. Bei den Blechwalzen dagegen lag die Oberwalze lose auf und wurde die Stellschraube nach jedem Umgang angezogen, um den Spielraum für das zu walzende Blech zu bestimmen. Damit die Oberwalze nach dem Durchgang des Bleches nicht mit ihrem vollen Gewichte auf die untere Walze herabfiel, waren Gegengewichte in dem unteren Zapfenlager angebracht, welche diesen Fall unschädlich machten (s. Fig. 78). Die gufseisernen Zapfen der Walzen liefs man auf kupfernen oder messingenen Pfannen oder Lagerschalen laufen. Statt der Pfannen bediente man sich auch wohl dreier eingelegter Metallstäbe. Obgleich die Stellschraube bei den Stabwalzen nur zum Feststellen diente, was ebenso gut durch Keile geschehen

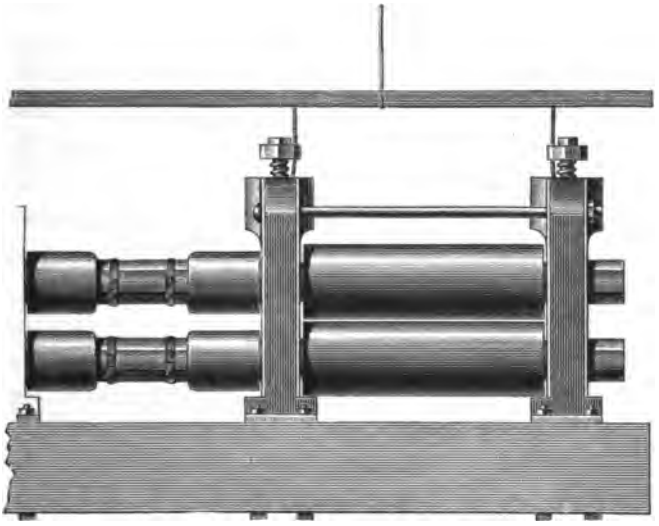
Digitized by Google

konnte, so zog man doch die Schraube als die vollkommenere und bequemere Vorrichtung vor.

Die Stellschrauben der Blechwalzwerke (Fig. 82) erforderten eine viel gröfsere Genauigkeit. Während man die Schrauben bei den Stabwalzen aus Gufseisen anfertigen konnte, stellte man die Stellschrauben der Blechwalzen aus Schmiedeeisen und die Muttern aus Kupfer oder Messing her. Diese Schrauben erhielten flachere, sorgfältig geschnittene Gewinde. Jedes Ständergerüst erhielt nur zwei Stellschrauben (Fig. 82), wogegen die Pilarengerüste (Fig. 78) in der Regel vier Schrauben erhielten.

Ein Paar Blechwalzen erforderten 30 Pferdekräfte Betriebskraft. Die Walzen selbst wurden abgedreht. Die Blechwalzen mufsten glatt

Fig. 82.



und sauber sein; ihre Länge betrug von 18 Zoll bis 6 Fufs, ihre Dicke von 10 bis 20 Zoll. Dicke Walzen breiten besser, dünne strecken besser.

Die Stabwalzen erhielten mindestens 14 Zoll, meist aber 15 bis 18 Zoll Durchmesser bei einer Länge von $3^3/_4$ bis $4^1/_2$ Fufs. Die Vor- oder Präparierwalzen (französ. cylindres dégrossisseurs ou ébaucheurs; engl. roughing-rolls), welche das meist vorgeschmiedete Luppeneisen zusammendrückten und erst zu Kolben, dann zu flachen Stäben, sogenannten Luppenstäben, auswalzten, bedurften keines so sauberen Abdrehens als die eigentlichen Stabeisenwalzen. Die Präparierwalzen bestanden aus zwei Gerüsten; in dem ersten Walzenpaar wurde das

Digitized by Google

Eisen gezängt und zu groben Quadratstäben ausgewalzt, welche dann in dem zweiten Gerüst zu Flachstäben oder Platinen ausgereckt wurden.

Bei den Präparierwalzen versah man zuweilen den ersten Einschnitt mit einer Warze, um die Luppe besser ergreifen und festhalten zu können. Dufrénoy und Élie de Beaumont gaben die Länge der englischen Vorwalzen mit den Zapfen auf 7 Fufs, ohne diese auf 5 Fufs an, bei 18 Zoll Dicke. Die ersten fünf bis sieben Öffnungen waren elliptisch, derart, dafs immer die kleine Achse der einen der grofsen Achse der folgenden entsprach. Zuweilen waren die elliptischen Einschnitte mit den rechtwinkeligen auf derselben Walze. Dies geschah da, wo die Luppe erst unter dem Hammer gezängt wurde. Die Flächen der Einschnitte waren oft durch Hiebe rauh gemacht, ähnlich einer Feile, um das Eisen besser zu packen.

Die Einschnitte der Ober- und Unterwalzen korrespondierten genau. Beide Walzen waren also ganz gleich. Man pflegte sie nicht zu drehen, sondern die Rinnen schon einzugiefsen, da es hierbei auf glatte Oberfläche nicht ankam. Dagegen erhielten die Walzen in dem zweiten Gerüst eingedrehte Einschnitte in der unteren Walze, in welche die Rippen der oberen Walze genau pafsten. Unter dem ersten Walzenpaar erhielt man in der Regel dreizöllige Quadratstäbe. Die Querschnitte der aufeinanderfolgenden Kaliber nahmen im Verhältnis von 5 zu 4 ab. Bei dem zweiten Walzenpaar behielt man bei den Einschnitten dieselbe Breite bei und machte nur jeden folgenden Querschnitt entsprechend niedriger. Wollte man den dreizölligen Quadratstab zu Schienen von 3 Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Höhe auswalzen, so mufste er sieben bis neun Einschnitte von 3 Zoll Breite passieren. In England schmiedete man die Luppen an manchen Plätzen unter dem Stirnhammer zu breiten Stücken aus, die man dann durch ein Paar Walzen mit scharfen, 1 Zoll hohen Rippen passieren liefs. Dadurch erhielten sie tiefe Einschnitte und konnten leicht mit dem Handhammer zerschlagen werden.

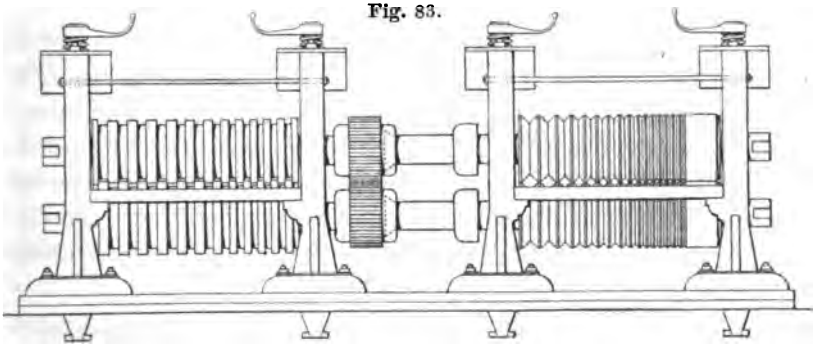
Auch das eigentliche Stabeisenwalzwerk (Fig. 83 und 84) bestand aus zwei Gerüsten. In dem ersten wurden die Kolben zu Quadratstäben ausgezogen, die man unter den Walzen des zweiten Gerüstes zu Flachstäben auswalzte. Bei den Walzen der Quadratstäbe befanden sich die Einschnitte in beiden Walzen gleich verteilt, während bei den Walzen für die Flachstäbe die Vertiefungen nur in die unteren Walzen eingedreht waren. Das Abdrehen der Stabeisenwalzen mufste mit der gröfsten Sorgfalt geschehen. Die Abnahme der Querschnitte erfolgte auch hier im Verhältnis von 5 zu 4. Jede Flacheisensorte mufste

Digitized by Google

mehrere Kaliber passieren. Infolgedessen waren für verschiedene Flacheisen eine gröfsere Zahl von Walzengarnituren erforderlich.

Auf der Seite, wo das Eisen in die Walzen gesteckt wurde, war eine Einlafsplatte (tablier) angebracht, welche die Kaliber zeigte und

Fig. 83.



zugleich als Führung diente, während auf der anderen Seite, wo das Eisen austrat, Abstreifmeifsel befestigt waren (s. Fig. 85).

Das Eisen mufste immer den höchsten Grad der Schweifshitze haben, damit der fertige Stab noch mehr weifs- als rotglühend die

Fig. 84.

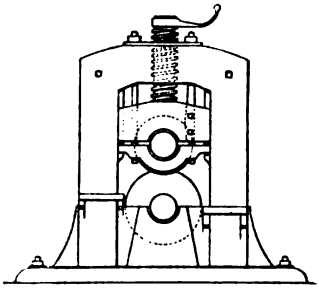
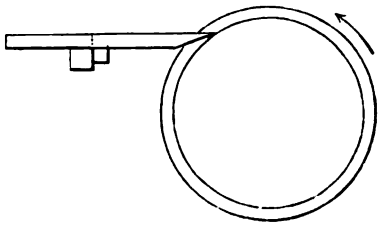


Fig. 85.



Walze verliefs. — Stabwalzen machten in England 85 bis 140 Touren in der Minute, die Vorwalzen gingen etwa $^1/_3$ so schnell. Obige Zeichnungen, Fig. 83 und 84, stellen das Stabeisenwalzwerk der Rybniker-hütte in Schlesien dar, welches vom Oberhütteninspektor Abt 1818 erbaut worden war und sich vorzüglich bewährt hatte. 1828 war dasselbe neun Jahre ununterbrochen im Betrieb gewesen.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen richtete sich nach der Stärke des Walzeisens und war um so gröfser, je dünner dieses werden sollte. So machte z. B. ein englisches Walzwerk für Eisen von 8 auf 36 Linien Querschnitt 65 Touren, eines für Eisen von 4 auf 8 Linien 140 Touren in der Minute.

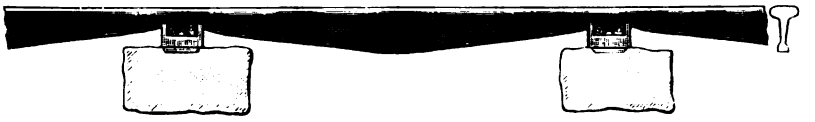
Façonwalzen waren noch wenig in Gebrauch. Dufrénoy und

Digitized by Google

Élie de Beaumont erwähnen nur ganz vorübergehend Walzen für Winkeleisen, welche sie auf ihrer Reise gesehen hatten, und teilen eine mangelhafte Zeichnung davon mit[1]). Von grofser Wichtigkeit wurde in dieser Periode das Walzen von Eisenbahnschienen.

Das Walzen der Eisenbahnschienen in Fischbauchform aus Schmiedeeisen, Fig. 86, war eine Erfindung von John Birkinshaw, welcher 1820 ein Patent darauf nahm. Allerdings hatte man schon früher Schmiedeeisen hier und da für die Eisenbahnen verwendet, aber in der Form gewöhnlicher Flachstäbe. So hatte es Georg Stephenson schon früher mit Erfolg zum Ausflicken verwendet. John Hawks hatte am 5. August 1817 ein Patent genommen, Eisenbahnschienen aus Gufs- und Schmiedeeisen herzustellen. Um das Zerbrechen der Gufsschienen

Fig. 86.



und das Durchbiegen schmiedeeiserner Schienen zu vermeiden, wollte er für den Fufs der Schiene Schmiedeeisen nehmen, dieses in eine Gufsform einlegen und den Kopf aus Gufseisen darauf giefsen. Birkinshaw war durch Stephensons Bericht über die Edinburger Eisenbahn 1818 darauf aufmerksam geworden; darin war hervorgehoben, dafs sich aus der Anwendung von Schmiedeeisen statt Gufseisen der höchste Vorteil für die Eisenbahnen erwarten liefse, und dies war an Erfahrungen erläutert. Die schmiedeeisernen Schienen waren haltbarer und namentlich nicht so leicht dem Bruche durch Stofs ausgesetzt wie die gufseisernen, auch hatten sie, da sie länger waren, weniger Verbindungsstellen. Infolgedessen kamen Birkinshaws Schienen rasch in Aufnahme, namentlich bei den Lokomotivbahnen. George Stephenson, obgleich er ein Patent für verbesserte Gufsschienen hatte, schlug selbst für die Stockton-Darlington-Bahn schmiedeeiserne Schienen vor, und hier fanden sie zuerst eine umfangreiche Verwendung. Dieselben wurden auf dem Eisenwerke Bedlington bei Morpeth, acht Meilen von Newcastle, gefertigt.

Ursprünglich hatten Birkinshaws Schienen einfach Keilform im Querschnitt, Fig. 87 oben, später erhielten sie konkave Seiten und einen Steg (siehe Fig. 87 unten[2]).

[1]) Dufrénoy et Elie de Beaumont, a. a. O., S. 492, Fig. 9, Tab. XVI.

[2]) Repertory of arts, manuf. CCXXXII, Septbr. 1821, p. 206; Dinglers Polyt. Journ. VI, 225.

Digitized by Google

Fig. 88 giebt die Abbildung der Schienen der Darlington-Bahn[1]).

Die Form dieser Schienen wich wesentlich von der jetzt gebräuchlichen ab, ihr Kopf war flacher gehalten, der breite Fufs fehlte, der Querschnitt entsprach mehr einem T, oder, wie man damals sagte, der Pilzform. Der Steg lief nicht in gerader Linie fort, sondern bildete zwischen jeder Befestigungsstelle eine Ausbauchung (Fig. 86), weshalb man diese Art Schienen auch Fischbauchschienen nannte. Sie waren je 5 Yards oder 15 engl. Fufs lang; alle 3 Fufs ruhten sie in einem Lager oder Stuhl (chair) (Fig. 89) von Gufseisen. Die gröfste Breite des Kopfes betrug $2^1/_4$ Zoll; der Steg war unten $^1/_2$ Zoll breit.

Fig. 87.

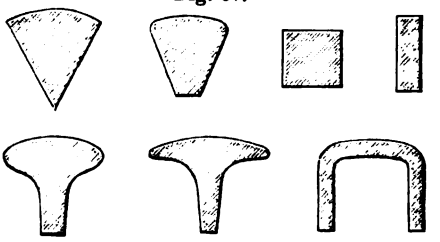
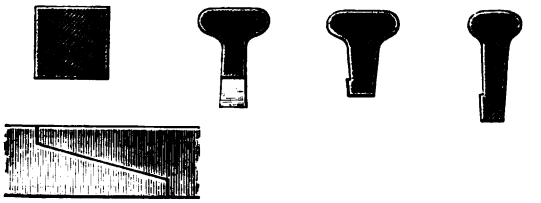
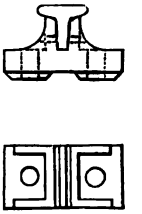


Fig. 88.



Eine solche Schiene wog 28 Pfd. der Yard, während eine gufseiserne von gleicher Tragkraft 56 Pfd. gewogen hätte. Eine Tonne kostete 1826 280 Mk., 1828 250 Mk.; 1 Yard 3 Mk., 1 laufender Fufs Doppelschienen 2 Mk. Damals kostete bereits eine Tonne schmiedeeiserner Schienen nicht mehr als eine Tonne gufseiserner.

Fig. 89.



Die Konstruktion der Stühle ist aus der Zeichnung (Fig. 89) ersichtlich, die Befestigung der Schienen in denselben geschah mit eisernen Stiften, während die Stühle auf der steinernen Unterlage durch zwei hölzerne Pflöcke befestigt wurden. Statt der Befestigung mit Stiften wendete man später die Befestigung mit Keilen an. Die Weichen wurden aus Gufseisen hergestellt. Um die Verbindungsstellen ganz zu vermeiden, schlug Birkinshaw vor, die Köpfe zusammenzuschweifsen.

Das Auswalzen der Schienen mit innenseitigem Fufsrand geschah in den Fig. 90 (a. f. S.) abgebildeten Walzen. Der starke Eisenstab gelangte erst in den Einschnitt I, wo er einen trapezoidischen Querschnitt von 3 Zoll Höhe, $1^5/_8$ und $^3/_4$ Zoll Breite erhielt. Alsdann kam

---

[1]) Siehe v. Oeynhausen und v. Dechen, Über Schienenwege in England 1826 und 1827; Karstens Archiv, XIX, 1, Tab. I, Fig. 1 und 2.

Digitized by Google

er in den Einschnitt II, wo er schon einen Kopf bekam; dieser wurde im Einschnitt III zugerundet und unten eine Verstärkung angewalzt; der Kopf erhielt dann in IV seine fertige Gestalt, während er unten auch auf der anderen Seite einen Vorsprung erhielt; die Höhe blieb unverändert 3 Zoll. Nun gelangte die Schiene durch das eigentümliche Kaliber V, in dem die Fischbauchform hergestellt wurde. Der Kreis der unteren Walze war etwas excentrisch gestellt und zwar soviel, dafs sein Mittelpunkt $^1/_2$ Zoll von dem der Walzenachse abwich (Fig. 90), dadurch wurde bei der Umdrehung eine Schwellung der Schiene um 1 Zoll am höchsten Punkte erzeugt, indem die Leere von V bald $3^1/_2$, bald nur $2^1/_2$ Zoll betrug. Der Durchmesser des Kreises war so eingerichtet, dafs sich dies stets in einem Abstande von 1 Yard wiederholte. Um die Form der fertigen Schiene scharf zu erhalten, mufste sie noch den Einschnitt VI passieren, dessen Höhe von $3^1/_2$ Zoll mit der gröfsten Höhe des Fischbauches übereinstimmte. Das Durchwalzen durch diese sechs Kaliber geschah in einer Hitze. Bei schwunghaftem Betriebe kamen die Schienen nicht teurer zu stehen als wie Stabeisen.

Fig. 90.

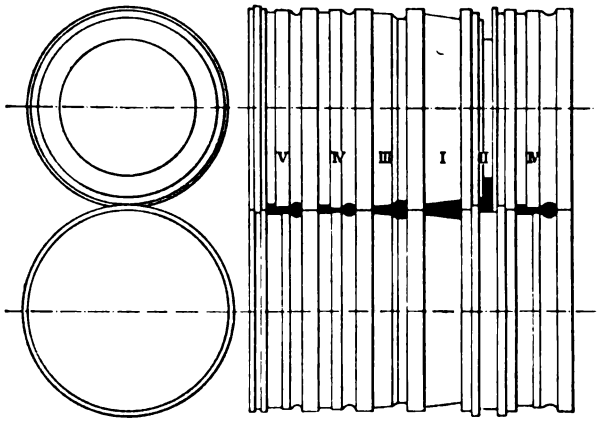
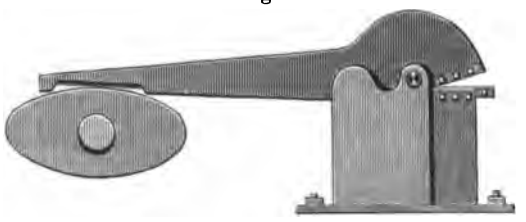


Fig. 91.



Eine weitere Erfindung, welche ebenfalls durch die Eisenbahnen veranlafst wurde, war das Walzen der Radreifen (tyres) der Eisenbahnwagen. Räder mit schmiedeeisernen Reifen waren zuerst von Wood auf der Killingworthbahn eingeführt worden und 1827 wurde das erste Radreifen- oder Bandagenwalzwerk auf der Bedlingtonhütte in Betrieb gesetzt.

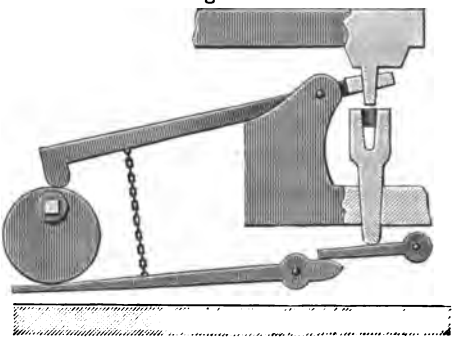
L-Eisen und **T**-Eisen waren die Formeisensorten, die in England

Digitized by Google

zuerst gewalzt wurden und zu Brücken-, Schiffs- und sonstigen Bauten Verwendung fanden.

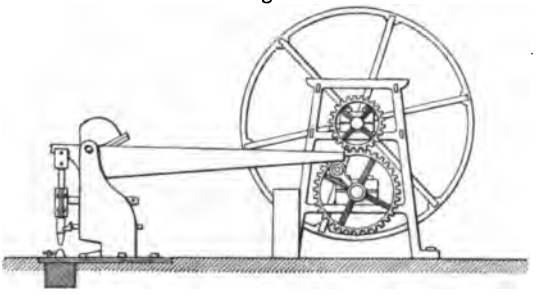
Wichtige Hülfsmaschinen für den Walzbetrieb waren die Scheren und die Lochmaschinen. Die Scheren dienten bei den Puddlingshütten, um die Rohschienen zu zerschneiden. Sie waren einfach und sehr stark, ganz von Gufseisen und wurden durch eine excentrische oder eine elliptische Scheibe bewegt (s. Fig. 91). Sie zerschnitten mit Leichtigkeit Stäbe von 6 bis 8 Linien Dicke.

Fig. 92.



Die Lochmaschinen kamen in dieser Periode in allgemeinere Anwendung und erleichterten die Arbeit sehr. Fig. 92 ist die Abbildung nach Dufrénoy und Élie de Beaumont. Maschinenscheren mit Durchstofs kamen 1820 in England auf. Eine Bohrmaschine von Robert Stephenson in Newcastle zum Bohren dicker Platten haben Coste und Perdonnet abgebildet, ebenso eine Lochmaschine für Kesselbleche von demselben (Fig. 93).

Fig. 93.

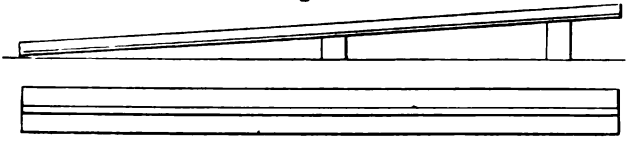


Zum Richten der gewalzten Stäbe bediente man sich einer länglichen Richtplatte (Fig. 94).

Alle die genannten Maschinen wurden in England mit Dampf getrieben, während sie auf dem Kontinent meistens noch durch Wasserräder bewegt wurden.

Mit den Puddelluppen wurde in verschiedenen Gegenden verschieden verfahren. Auf einigen Hütten wurden sie unter dem Stirn-

Fig. 94.



hammer gezängt und dann nochmals in den Puddelofen zurückgebracht, wo sie dicht an der Feuerbrücke eine zweite Hitze erhielten, worauf

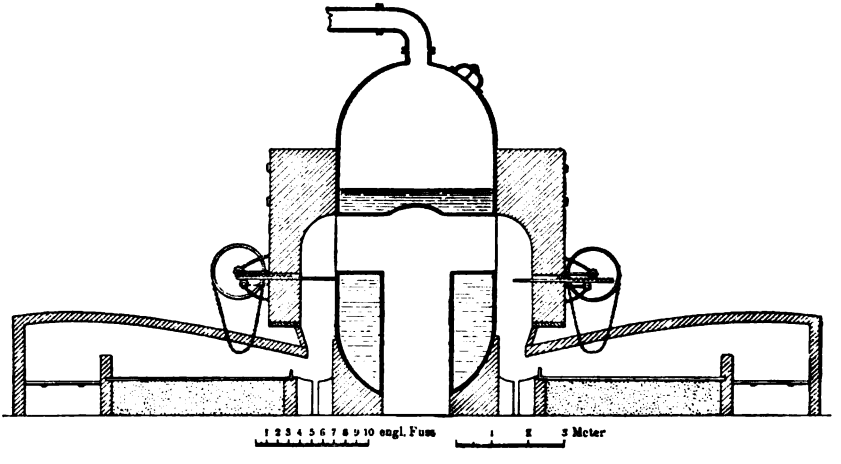
Digitized by Google

sie unter dem Stirnhammer erst zu regelmäfsigen parallelepipedischen Blöcken (lumbs) geschmiedet wurden. Diese kamen alsdann in den Schweifsofen, wo sie eine starke Hitze erhielten und so ausgewalzt wurden. Auf anderen Hütten brachte man die gezängten Luppen direkt unter die Walzen und walzte sie zu Rohschienen (millbars) aus, die unter der Schere in Stäbe von $1^1/_2$ bis 2 Fufs Länge zerschnitten wurden. Diese wurden zu Paketen geformt, welche im Schweifsofen zusammengeschweifst und schweifswarm unter Streckwalzen zu fertigen Stäben ausgewalzt wurden. Auf einigen Hütten brachte man die fertigen Stäbe nochmals in einen langen Glühofen, wo sie eine rasche Glühhitze erhielten und dann unter einem Stirnhammer gerichtet und überschmiedet wurden, wodurch sie eine schöne bläuliche Farbe erhielten.

Aus 100 Feineisen erhielt man 84, beziehungsweise aus 100 Roheisen 76 Stabeisen. Beim Schlackenfrischen betrug dagegen der Abbrand 30 bis 40 Proz. Der Kohlenaufwand im Puddel- und Schweifsofen betrug 3 bis $3^1/_2$ Kbffs. Steinkohlen für 100 Pfd. Stabeisen.

Die Schweifsöfen waren den Puddelöfen sehr ähnlich, meist waren sie etwas breiter. Coste und Perdonnet gaben die Länge zu

Fig. 95.



1,83 m bis 2,13 m, die Breite zu 1,22 m an. Der Herdboden hatte etwas Fall nach dem Fuchs hin. Das Gewölbe war flach und etwa 0,61 über dem mittleren Herd.

Man wendete die abgehende Flamme der Puddelöfen bereits öfter zur Heizung von Dampfkesseln an, wobei drei bis vier Öfen zusammengeleitet wurden. Fig. 95 zeigt eine solche Anordnung, welche Coste und Perdonnet in Staffordshire gesehen hatten.

Digitized by Google

Der Puddelprozefs 1816 bis 1830.

(Fortsetzung.)

In Deutschland wurde der englische Puddelprozefs 1825 auf der Hütte Rasselstein bei Neuwied mit Erfolg eingeführt.

Das Puddeln mit Holz statt mit Steinkohlen wurde in dieser Periode in verschiedenen Gegenden des Kontinents versucht. Sehr interessante Proben hierüber wurden von af Uhr in Schweden gemacht. Ebenso versuchte man 1826 auf den gräflich Einsiedelschen Werken zu Lauchhammer mit Torf zu puddeln. Man gab dem Rost des Flammofens eine entsprechend gröfsere Fläche. Das Eisen, welches man verarbeitete, war aus Raseneisensteinen mit Holzkohlen erblasen. Die Einsätze von 200 Pfd. Roheisen gaben 170 Pfd. gutes Puddeleisen. Man verbrauchte 30 Kbffs. Torf auf 100 Pfd. Eisen.

Die ersten Versuche mit dem Flammofenfrischen in Schweden hatte Herr Rosenberg auf seinem Hüttenwerk Closter durch seinen Direktor Stenfeld 1816 anstellen lassen. So unvollkommen dieselben waren, so veranlafsten sie doch die Hütten-Societät im Jahre 1817, den Beschluſs zu fassen, gründliche und umfassende Versuche über das Puddlingsfrischen zum Vergleiche mit dem Herdfrischen anstellen zu lassen. Die Eisenhütte von Skebo wurde dafür bestimmt und af Uhr damit beauftragt. 1818 wurden die ersten Versuche angestellt, die aber wenig befriedigend ausfielen, weil die Ziegel, aus denen der Ofen erbaut war, die Hitze nicht aushielten. Zur weiteren Information reiste af Uhr 1820 mit Broling nach England. Nach ihrer Rückkehr wurden die Versuche von af Uhr ganz nach englischer Weise wieder aufgenommen, nur verwendete man statt Steinkohlen gedörrtes Holz.

Der Zeitaufwand für die drei Stadien des Puddelprozesses war folgender:

	zum Schmelzen	zum Kochen	zum Luppenmachen	im ganzen
bei gut frischendem, weifsem Roheisen	50 Min.	30 Min.	50 Min.	2 Stdn. 20 Min.
bei grauem Roheisen	80 „	60 „	70 „	3 „ 30 „

Das Brennmaterial bestand aus Tannenholz, welches gespalten, in einem Ofen getrocknet und gedörrt wurde. Der Holzverbrauch war sehr abhängig von dem Verhältnis der Rostfläche zum Querschnitte des

Digitized by Google

Fuchses. Der Rost hatte 6,344 Quadratfuſs, die freie Rostfläche betrug zwischen 2,0775 bis 2,4966 Quadratfuſs. Der Holzverbrauch wechselte von 200 bis 275 Klftr. (zu 168 Kbfſs.) in 24 Stunden. Das beste Verhältnis war 2,0775 Quadratfuſs freie Rostfläche zu 0,69 Quadratfuſs Fuchsöffnung. Die Höhe der Esse war 36 Fuſs, ihr Querschnitt 2,25 Quadratfuſs. Der durchschnittliche Abbrand betrug 19,33 Proz. Als bestes Puddelrohreisen erwies sich das bei übersetztem Gang erblasene weiſse Roheisen. Man konnte keinen so feuerbeständigen Sand für den Herd auftreiben, wie in England, infolgedessen viel Eisen verschlackte und der Herd rasch wegschmolz. Aus 100 Pfd. Roheisen erhielt man 70 Pfd. Stabeisen. Das Ausstrecken des paketierten Luppeneisens geschah im Frischfeuer. Die Versuche, englische Steinkohlen statt Holz zu verwenden, erwiesen sich als zu kostspielig. Übrigens hatte sich auch das Holz als Brennmaterial als vollkommen geeignet erwiesen. Was af Uhr veranlaſste, den Prozeſs für Schweden für unvorteilhaft und verwerflich zu erklären, war allein die Qualität des erhaltenen Puddeleisens. Er behauptete, die beim Puddelprozeſs erhaltene Luppe sei eine lose mit Schlacke durchtränkte Masse. Aus dieser werde die Schlacke durch das Walzen nur ungenügend ausgepreſst. Der Druck der Walzen erstrecke sich nur auf die Oberfläche, welche dadurch fest werde und verhindere, daſs die Schlacke aus dem Innern austreten könne, diese werde vielmehr bei der groſsen Hitze mit eingewalzt, wodurch ein unreines Eisen von geringerer Güte entstehe. Würde Schweden sein Eisen auf diesem Wege darstellen, so würde dieses alsbald seinen Weltruhm, der nur auf seiner vortrefflichen Qualität beruhe, verlieren. Af Uhrs Behauptung war eine Verurteilung des Puddelprozesses oder richtiger des Walzverfahrens überhaupt, wie er denn auch behauptete, alles englische Eisen tauge nichts. Wie übertrieben diese Behauptung war, hat bald danach sein Landsmann Lagerhjelm durch seine sorgfältigen Versuche nachgewiesen. Dieser kam sogar zu dem umgekehrten Resultate, daſs das gewalzte Eisen durchgehends höhere Zerreiſsungsgewichte zeige als das nur unter dem Hammer bereitete, was sich daraus erklären lasse, daſs letzteres nie so gleichmäſsig wie das erstere sei, bei der Festigkeitsprobe wie in der Praxis eine schwache Stelle aber maſsgebend für die Brauchbarkeit des ganzen Stabes sein könne. Af Uhrs absprechendes Urteil über den Puddelprozeſs und das Walzverfahren wurde aber damals als maſsgebend angenommen und zwar nicht nur in Schweden, sondern in allen Ländern, in denen der Holzkohlenbetrieb noch herrschend war und gegen den Steinkohlenbetrieb und die englischen

Digitized by Google

Neuerungen zu kämpfen hatte. Es hat die Einführung des weit vorteilhafteren Flammofenfrischens in Schweden und auch in anderen Ländern verzögern helfen.

Erwähnenswert sind die Versuche, welche der Hütteninspektor Graf Vandenbrock zu Geislautern auf Karstens Veranlassung anstellte, um Eisenfrischschlacke und geröstetes Eisenerz sowohl für sich als gemengt im Flammofen zu verschmelzen. Es geschah dies unter Zuschlag von rohem oder gebranntem Kalk und Holzkohlenpulver. Das Produkt war schmiedbares Eisen. Weit besser verlief aber dieser Schmelzprozefs, wenn man Brucheisen vorgab und mit diesem den Herdboden bedeckte. Eine Beschickung der Art bestand z. B. aus 300 Pfd. geröstetem Eisenerz, 100 Pfd. rohem Kalkstein, 4 Kbffs. Holzkohlenstaub und 600 Pfd. Brucheisen von halbiertem Eisen (Versuch Nr. 12), oder von 300 Pfd. Eisenerz, 100 Pfd. Frischschlacken, 140 Pfd. Kalkstein, $1^1/_2$ Kbffs. Holzkohlenstaub und 800 Pfd. Brucheisen. Man erhielt hierbei Feinmetall. Vandenbrock teilt die Resultate von 17 verschiedenen Versuchsschmelzen, jedes mit anderer Gattierung, mit.

Als ökonomisch vorteilhaft erwies sich das Verfahren nicht, da es zu lange dauerte und der Kohlenverbrauch zu grofs war. Vandenbrock ist der Meinung, dafs sehr geräumige Flammöfen, in welchen man täglich etwa 6000 Pfd. Roheisen schmelzen könnte, bessere Resultate geben würden.

Die Drahtfabrikation 1816 bis 1830.

Die Verbesserung der Feinwalzwerke hatte eine völlige Umwälzung in der Drahtfabrikation herbeigeführt, indem es jetzt möglich wurde, den Draht bis zu $4^1/_2$ Linien (ca. 10 mm) Dicke zu walzen und diesen Walzdraht direkt auf Rollen oder Bobinen zu ziehen. Hierdurch kam das unvollkommene Ziehen des groben Drahtes mit Zangen gänzlich in Wegfall. Man bediente sich der kleinen Walzengerüste mit drei Walzen, Fig. 96 (a. f. S.). Diese erhielten eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 225 bis 250 Umdrehungen in der Minute, wodurch man einen Stab von 1 Quadratzoll Stärke in etwa $^3/_4$ Minuten zu Draht von $4^1/_2$ Linien Dicke ausstrecken konnte.

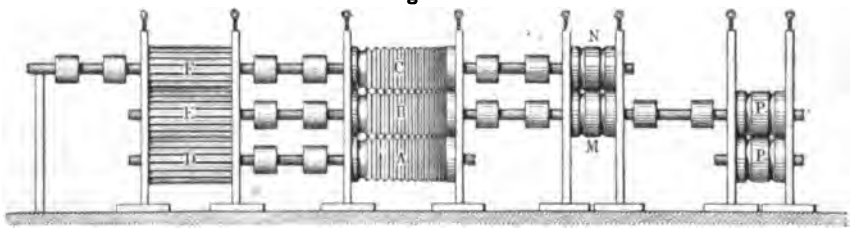
Die 1 Zoll (26 mm) starken Eisenstäbe, welche zu Draht gezogen werden sollten, wurden erst zu 2 Fufs langen Stücken unter der Schere zerschnitten. Hierauf kamen sie in einen Glühofen, welcher ein Flammofen mit 4 Fufs langem und bei der Feuerbrücke $3^1/_2$ Fufs breitem

Digitized by Google

Herd war. Der Rost war $3^1/_2$ Fuſs lang und 3 Fuſs breit. Die Feuerbrücke war 6 Zoll hoch; das Gewölbe hier 16 Zoll, am Fuchs etwa 12 Zoll hoch. Der Herd verschmälerte sich nach dem Fuchs zu.

Das Drahtwalzwerk bestand aus drei übereinanderliegenden kannelierten Walzen ABC und ferner zwei Walzenpaaren MN und PP in besonderen Gerüsten. Die Kuppelungsräder für die drei Walzen im ersten Gerüst DEF erhielten eine bedeutende Länge, so daſs sie die Form von kannelierten Walzen hatten. Die Walzen im ersten Gerüst, 18 Zoll lang und 8 Zoll dick, waren mit je 12 korrespondierenden Einschnitten versehen, wovon der erste oval, die anderen viereckig von abnehmender Gröſse waren. Die Walzen MN waren 8 Zoll lang und 8 Zoll dick und hatten zwei ovale Einschnitte, von denen aber immer nur der eine gebraucht wurde, der andere als Reserve diente. Die Walzen PP, welche dieselben Maſse haben, waren in gleicher Weise

Fig. 96.



mit zwei runden Öffnungen zum Fertigmachen des Drahtes versehen. Der glühende Eisenstab passierte zuerst das ovale Loch und hierauf die aufeinanderfolgenden viereckigen Löcher in dem dreifachen oder Trio-Walzwerk, wobei immer mit den oberen und unteren Öffnungen abgewechselt wurde. War das Eisen sehr weich, so konnte man zuweilen ein Loch überspringen, so daſs der Draht nur acht Öffnungen im ersten Gerüst passierte, sodann führte man ihn durch eine der ovalen Öffnungen der Walzen MN, worauf er in der runden Öffnung der Walzen PP fertig gemacht wurde. Diese Anordnung hatte nur den Zweck, die Arbeit zu beschleunigen, indem die Länge des Drahtes gegen das Ende der Operation immer rascher zunahm. Der Draht durchlief dann immer zwei oder drei Öffnungen gleichzeitig. Wenn der 2 Fuſs lange Stab auf diese Art etwa 12mal durch die Walzen gegangen war, hatte er bei einem Durchmesser von $4^1/_2$ Zoll eine Länge von 36 Fuſs erhalten, wozu nur 36 bis 40 Sekunden Zeit erforderlich war. Der fertige Draht kam dann noch glühend aus der Walze und wurde sogleich um eine 2 Fuſs dicke Trommel gewickelt und nach erfolgtem Glühen in den Drahtzug gegeben. Das

Digitized by Google

weitere Ausziehen geschah durch stehende Rollen, welche vermittelst konischer Zahnräder bewegt wurden. Die Rollen für den gröberen Draht hatten 15 Zoll, die für den feineren Draht 8 Zoll Durchmesser. Zwischendurch mufste der Draht von Zeit zu Zeit wieder ausgeglüht werden.

In der Herstellung von feinem Draht hatte Frankreich bedeutende Fortschritte gemacht. In Preufsen führte die Eschweiler Drahtkompanie zuerst mit Erfolg die englische Art, den Draht frei von Zangenbissen zu ziehen, ein. Der Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen setzte 1823 einen Preis von 1000 Thaler nebst einer goldenen Denkmünze aus, für die Darstellung von Eisendraht für Wollkratzen und Streichen in einem Werke des preufsischen Staates von gleicher Güte und zu gleichen Preisen, wie der Draht von l'Aigle in Frankreich in den Nummern von 10 bis 28. Hiervon mufsten wenigstens 300 Ctr. dargestellt werden.

Auf den Nutzen eines schwachen Kupferüberzuges beim Ziehen des Drahtes war man in England anfangs der 20er Jahre durch Zufall gekommen. In einer grofsen Drahtzieherei löschte man in dem Sauerwasser, in welchem man den Draht während des Zuges beizte, rotglühende Stücke Messing, wodurch etwas von dem im Messing enthaltenen Kupfer gelöst und auf den Eisendraht niedergeschlagen wurde. Man fand, dafs dieser Draht sich leichter ziehen liefs und nicht so oft angelassen werden mufste, weil der Kupferniederschlag die Reibung verminderte und den Draht schlüpferig machte. Seit dieser Zeit bediente man sich in jener Drahtzieherei immer einer Kupfervitriollösung beim Drahtziehen. Bei dem letzten Anlassen geht der Kupferüberzug weg [1]).

Die Weifsblechfabrikation in England hat zwar keine besonderen Fortschritte in dieser Periode erfahren, aber es wurde eine sehr gründliche Beschreibung derselben von Parkes 1819 veröffentlicht, auf welche wir aber hier nur verweisen können [2]).

Das älteste Biegwalzwerk für Blech wurde 1815 von John Ford in England erfunden. 1829 führte Thomas Morjan gufseiserne Glühöfen an Stelle der Flammöfen ein.

---

[1]) Siehe Mechanics Magazine, Nr. 81, p. 392.

[2]) In den Transactions of the philosoph. Society of Manchester. Im Auszug in Karstens Archiv für Bergbau III, 134 bis 136, ferner Karstens Eisenhüttenkunde §. 1318 bis 1321; Annales des mines IV, 635.

Digitized by Google

Eisenwarenfabrikation 1816 bis 1830.

Für die Herstellung von Maschinennägeln wurde seit Anfang des Jahrhunderts eine Anzahl Patente genommen. Die ältere Erfindung von Clifford 1790 haben wir schon erwähnt. Seine Idee, die Nägel unter Walzen herzustellen, wurde 1818 von Todd, Church und 1827 von Tyndall weiter ausgebildet, doch waren die Nagelwalzwerke nur für grofse Nägel anwendbar. Die Maschinennägelfabrikation hatte besonders in Amerika Verbreitung gefunden. Hier hatten Perkins schon 1795 und Read 1811 Patente darauf erhalten. In Europa war die Handnagelschmiederei ein historisch zu fest begründetes Gewerbe, um so rasch zu verschwinden. Am raschesten fand noch die Herstellung der geschnittenen Nägel Eingang, wofür in England Guppy 1796 und 1804, Spencer 1801, Dyer 1810, 1812 und 1814, Todd 1818, W. Church 1818, Wilks und Ecroyd 1825 und Ledsam und Jones 1827 Patente nahmen. In Frankreich hatte zuerst Learenwerth zu Paris die Maschinennägelfabrikation einzuführen gesucht und kunstreiche Maschinen dafür erdacht, aber weder er noch White 1811 erzielten damit Erfolge. Die erste erfolgreiche Nagelfabrik errichtete Lemire zu Clairvaux 1817. In Österreich wurde die Fabrikation geschnittener Nägel 1815 von Schafzahl in Graz eingeführt, der seine Maschinen nach den Angaben des Uhrmachers Fidelis Schmidt hergestellt hatte.

Die Fabrikation der Drahtstifte[1]) hat in Frankreich zuerst ihre Ausbildung erhalten. Das erste Patent erhielt James White zu Paris, doch erzielte er nur geringen Erfolg. 1816 erfand Daguet in Paris eine Drahtstiftmaschine. Malliot in Lyon gab 1821 seinen Stiften noch eine breite Zuschärfung statt der Spitze. Die gepreſsten vierkantigen Spitzen hat wahrscheinlich Saint Amand zu Paris zuerst gemacht. Die Drahtstifte gingen im Handel allgemein unter der Bezeichnung Pariser Stifte.

Die fabrikmäfsige Herstellung der Holzschrauben stammt aus dem ersten Viertel unseres Jahrhunderts und wurden zahlreiche Maschinen hierfür erfunden. Die erste, welche bekannt ist, rührte von Japy zu Colmar im Elsafs aus dem Jahre 1806 her. Es folgten die Maschinen von Phillix zu Marseille, 1812, von Tourasse zu Paris und Colbert in England 1817, Bostock in London und L. W. Wright

[1]) Siehe Karmarsch, Geschichte der Technologie. S. 425.

Digitized by Google

1827. In Österreich wurde die erste Holzschraubenfabrik 1823 von Brevillier zu Neunkirchen unweit Wien angelegt.

Bei der Stecknadelfabrikation erwähnen wir kurz folgende Verbesserungen: 1806 erfand Mouchel einen Apparat zum Geraderichten des Drahtes an Stelle des Richtholzes. 1809 ersann Bundy in London einen Apparat, um durch den Stofs einer Schraubenpresse 25 Nadeln auf einmal anzuköpfen. 1812 führten Bradbury und Weaver in Glocester eine selbstthätige Maschine ein, welche die Drahtköpfe steckte und fertig machte. Dieser folgten die Stecknadelmaschinen, welche die ganze Herstellung der Nadel in unmittelbarer Aufeinanderfolge ausführten. Die erste Maschine dieser Art erfand der Amerikaner Seth Hunter 1817, diesem folgte L. W. Wright in London 1824.

Bei der Nähnadelfabrikation ist die Anwendung eines Stofswerkes zur Herstellung der Öhre, welche 1822 zu L'Aigle in Frankreich nach der Erfindung eines Holländers van Houtens eingeführt wurde, bemerkenswert.

Die Fabrikation von Schiffsketten spielte in England eine hervorragende Rolle. Ihre Einführung verdankte man dem Schiffskapitän Samuel Brown, welcher dieselben 1811 zuerst auf der Penelope in Anwendung brachte. Dies führte zur allgemeinen Verwendung derselben und zur fabrikmäfsigen Herstellung. Für letztere nahm zuerst Thomas Burton 1813 ein Patent, diesem folgte 1816 der vorgenannte Brown, der sich ganz auf diese Fabrikation verlegte. Nach Frankreich wurde sie 1818 durch den Engländer John Grierson gebracht und schon 1821 errichtete die französische Regierung Staatsfabriken hierfür zu Nantes und Bordeaux. Die erste private Fabrik wurde von Fourmand in Nantes gegen 1823 errichtet. Patente auf die Herstellung von Kettentauen erhielten 1820 W. und D. W. Acraman, und 1822 Thomas Sowerby in England.

Geschweifste, schmiedeeiserne Röhren für Gasleitungen, Gewehrläufe und andere Zwecke wurden zuerst in England fabrikmäfsig dargestellt. Benjamin Cook in Birmingham bog 1808 eiserne Flachschienen und schweifste sie unter dem Handhammer, um sie dann durch Ziehen durch Zieheisen oder durch Walzen unter einem Stabwalzwerk zu strecken, doch hatte er damit keinen Erfolg. 1811 brachten James und Jones ein ähnliches Verfahren, wobei sie aber auch schon das Schweifsen der Fuge zwischen Walzen beabsichtigten, in Vorschlag. Henry Osborne hatte 1812 die Schweifsung unter dem Wasserhammer ausgeführt, gab aber damals bereits eine Vorrichtung an, vermittelst welcher das Rohr durch Darüberrollen eines

Digitized by Google

Scheibensegmentes gepreſst werden sollte. 1817 ging er aber zum Schweiſsen mittels Walzen über, wobei er nicht einen Dorn von der ganzen Länge des Rohres, sondern einen kurzen Dorn gebrauchte, der unbeweglich in der Öffnung des Walzenkalibers stehen blieb, während die Walzen das Rohr über denselben fortschoben [1]). Mittels dieses Verfahrens wurden später die meisten der in Birmingham fabrizierten Gewehrläufe hergestellt. Durchschlagenden Erfolg erzielte aber mit der Fabrikation geschweiſster Röhren zuerst Whitehouse von Wednesbury 1825, und fanden geschweiſste Rohre von da an die mannigfaltigste Anwendung.

Ein wichtiger Fortschritt bei der Gewehrfabrikation war die Erfindung des Perkussionsschlosses von John Forsyth zu Belhelvie in Schottland 1807, welcher auch schon das Knallquecksilber an Stelle des chlorsauren Kalis als Zündstoff in Vorschlag brachte. Die Bedeutung des Perkussionsschlosses wurde aber damals noch nicht erkannt, selbst von Napoleon nicht. Das Einführungspatent, welches Prelat dafür 1810 in Frankreich nahm, hatte keinen Erfolg. Dagegen fand in demselben Jahre Lepage mit seinem Perkussionsschloſs mit äuſserlich angebrachter Pfanne und Zündkrautbedeckung Anklang. Zu groſser Bedeutung gelangten aber die Perkussionsgewehre erst durch die Erfindung des Zündhütchens durch Joseph Egg in London 1818. 1820 wurden sie von Debourbet und von Prelat in Frankreich eingeführt und fanden von da an rasche Verbreitung.

Zu den Fortschritten der Gewehrfabrikation gehörten verbesserte Vorrichtungen zum Abdrehen und Ziehen der Läufe. Das Abdrehen der Läufe soll zuerst in Frankreich von Javelle zu St. Etienne im Jahre 1792 angewendet worden sein. 1811 nahmen H. James und J. Jones in England ein Patent darauf. Die alte Ziehbank wurde zuerst von Jacquet in Versailles 1817 verbessert.

Jeremias Chubb lieſs sich 1818 ein Patent auf das bekannte, von ihm erfundene Sicherheitsschloſs (Chubbs detector lock) erteilen.

Die Stahlbereitung 1816 bis 1830.

Über die Fortschritte der Stahlfabrikation in dieser Periode können wir uns kurz fassen.

Bei der Cementstahlfabrikation machte man die Brennkisten aus möglichst groſsen feuerfesten Ziegeln oder gebrannten Thon-

[1]) Siehe Karmarsch, a. a. O., S. 329.

Digitized by Google

platten, die man mit übereinandergreifenden Falzen versah, um den Luftzutritt möglichst zu verhindern. Auf die Breite der zu cementierenden Eisenstäbe kam es wenig an, dagegen nahm man sie in der Regel nicht dicker als $^3/_8$ Zoll. Da sich die Stäbe beim Brennen um $^1/_{120}$ ausdehnten, so mufsten sie entsprechenden Spielraum in der Länge behalten. Man pflegte die Stäbe auf die hohe Kante zu stellen. Eine wichtige Erfahrung, welche man auch praktisch auszubeuten suchte, war die, dafs man ölbildendes Gas statt des Holzkohlenpulvers zum Cementieren des Stabeisens verwenden konnte und mit diesem einen sehr guten Cementstahl erhielt. Professor Vismara zu Padua war der erste, der dies nachwies [1]) und aus dem so bereiteten Cementstahl guten Gufsstahl schmolz. Charles Macintosh nahm am 14. Mai 1825 auf dasselbe Verfahren ein Patent in England. Doch scheiterte die Ausführung an der Schwierigkeit des vollkommenen Luftabschlusses.

Bei der Gufsstahlfabrikation wurden vielerlei Versuche gemacht, ohne indes zu bemerkenswerten Änderungen des Verfahrens zu kommen. 1819 nahm Stephan Bedford in England ein Patent (Nr. 4382) darauf, englisches Eisen dadurch in Stahl zu verwandeln, dafs man es lagenweise in einem Ofen (air furnace or stove), mit verschlacktem Eisen, Eisenschlacke und Eisenabfällen gut bedeckt, 4 bis 8 Tage glühte. John Thomson schlug 1824 vor, Gufsstahl im Flammofen, in welchen die Tiegel eingesetzt würden, zu schmelzen. Needham nahm 1824 ein Patent darauf, die Tiegel so einzurichten, dafs man sie abzapfen konnte, statt sie auszugiefsen. Hierdurch wollte er gröfsere Stahlgüsse erzielen, als seither. Über die Anfertigung der feuerfesten Tiegel nach dem englischen Verfahren machte J. C. Leuchs in Nürnberg 1827 Mitteilungen. Die Fortschritte auf diesem Gebiete lagen aber mehr in der Ausbreitung der Gufsstahlfabrikation auf dem Kontinent. Namentlich mufs die Erbauung der Gufsstahlfabrik von Friedrich Krupp in Essen im Jahre 1819 als ein Ereignis von historischer Wichtigkeit erwähnt werden. In Frankreich war es Milleret zu La Bérardière um dieselbe Zeit gelungen, einen guten Gufsstahl zu fabrizieren.

Eine wichtige Erfahrung war die, dafs die Schweifsbarkeit des Gufsstahls durch längeres Glühen und langsames Erkalten sehr erhöht wird. Durch das fortgesetzte Glühen trat eine andere Verteilung des Kohlenstoffs im Gufsstahl ein, wodurch derselbe weicher wurde.

---

[1]) Siehe Karstens Archiv XIV, 446; Dinglers Journal Nr. 18, S. 120.

Digitized by Google

Hinsichtlich der Härtung des Stahls hatte Th. Gill die Erfahrung gemacht [1]), dafs man den richtigen Härtegrad ohne Anlassen erreicht, wenn man den bis zum Härten erforderlichen Grad der Temperatur erhitzten Stahl in ein geschmolzenes, bis zur entsprechenden Temperatur erhitztes Metallbad einer leichtflüssigen Mischung von Blei und Zinn eintaucht. Er gab für verschiedene Gegenstände und Härtegrade verschiedene Mischungsverhältnisse an [2]). Mit dem Stahlgufs beschäftigte sich zuerst Needham in London 1824. John Thompson in London erfand 1822 ein Walzwerk zur Herstellung keilförmiger Wagenfedern. Wichtig waren die theoretischen Untersuchungen, welche von der Untersuchung des Damascenerstahls ihren Ausgang nahmen.

Der indische Wootzstahl hatte unausgesetzt die Aufmerksamkeit der Engländer auf sich gezogen. Durch die Reisebeschreibungen und Beobachtungen von Buchanan [3]) und Heyne [4]) hatte die von Pearson 1795 ausgesprochene Ansicht, dafs der Wootz eine Art von Gufsstahl sei, welcher mit den primitivsten Vorrichtungen von den eingeborenen Indiern bereitet und verarbeitet würde (siehe Bd. I, S. 241), ihre Bestätigung gefunden. Über die chemische Zusammensetzung des Wootzstahls blieb man aber im Dunkeln, bis Faraday und Stodart im Jahre 1819 dieser Frage näher traten. Der geschickte Messerschmied Stodart hatte schon auf Pearsons Veranlassung aus dem von Dr. Scott in Bombay übersandten Wootzstahl ein Federmesser von vorzüglicher Schneide geschmiedet. Faraday untersuchte ein von Stodart erhaltenes Stück Wootzstahl, um auszumitteln, ob aufser dem Kohlenstoff noch andere Substanzen mit dem Eisen verbunden seien [5]). Er fand eine geringe Menge (etwa 1 Proz.) Thonerde und Kieselerde darin, und schlofs daraus auf eine Legierung von Aluminium mit Eisen. Dies gab Faraday Ver-

---

[1]) Annales of philosophy, july 1818. S. Parkes and Martin, Essais Chymiques II, 352; Annales des mines 1812, p. 601; siehe Karstens Archiv III, 81.

[2]) Th. Gills Erfahrungen über Gufsstahlfabrikation (1822) findet man in Dinglers Polyt. Journ. IX, 93.

[3]) Buchanans Journey from Madras through the countries of Mysore, Canara and Malabar, Bd. I bis III, London 1807. Auszug daraus in Karstens Archiv, IX, 265.

[4]) Historical and statistical tracts on India; with journal of several tours through various parts of the peninsula by B. Heyne, London 1814; Karsten, l. c., S. 287.

[5]) An Analysis of Wootz or Indian Steel in dem Quarterly Journal of Litterature, Science and the Arts VII, 288.

Digitized by Google

anlassung, in Gemeinschaft mit Stodart eine Reihe von Versuchen über Stahllegierungen, welche sie auf künstlichem Wege bereiteten, anzustellen [1]). Sie machten ihre Versuche erst in kleinem, dann in grofsem Mafsstabe in einer Gufsstahlhütte [2]). Faraday will hierbei künstlichen Wootzstahl erhalten haben. Das praktische Ziel, das sie leitete, war, zu ermitteln, ob sich eine künstliche Legierung darstellen lasse, welche sich besser für schneidende Werkzeuge als bester Stahl eigne, und ferner eine solche, welche weniger der Oxydation unterworfen und deshalb für Reflexionsspiegel brauchbarer sei als Stahl. Faraday will eine Legierung erhalten haben, welche nach seiner Analyse 6,4 Proz. Thonerde enthielt und die Eigenschaften sowie die Damastzeichnung des Wootz zeigte und vermutet, dafs die Damascenerklingen aus einem solchen Material und nicht aus einem mechanischen Gemenge von Eisen und Stahl hergestellt seien. „Dafs eine damascierte Oberfläche durch Zusammenschweifsen von Eisen und Stahl hervorgebracht werden könne, leidet keinen Zweifel; wenn man aber solchen Stahl umschmilzt, so läfst sich der Damast nicht mehr hervorbringen. Ist aber die damascierte Oberfläche von der Entwickelung einer krystallinischen Struktur abhängig, so mufs die Eigenschaft des Wootz, eine solche Oberfläche in einem ausgezeichneten Grade anzunehmen, als eine Wirkung der Krystallbildung angesehen werden, welche beim Erkalten des Wootzstahls sich auf eine weit ausgezeichnetere und entschiedenere Weise, als bei dem gewöhnlichen Stahl äufsert. Eine solche Wirkung kann aber nur durch die Verschiedenheit in der Zusammensetzung zweier Körper hervorgebracht werden. Weil sich jedoch in dem Wootz nur ein kleiner Gehalt an Erdbasen auffinden läfst, so ist die Vermutung sehr wahrscheinlich, dafs die Verbindung des Eisens mit Kohle durch die Vereinigung mit den Erdbasen eine gröfsere Neigung zur Krystallbildung erhält und dafs die Krystalle, indem sie durch die Wirkung des Hammers ausgezogen werden, die Damastzeichnung hervorbringen."

In ähnlicher Weise stellten Stodart und Faraday angeblich künstliches Meteoreisen dar, indem sie Eisen mit den entsprechenden Mengen Nickel zusammenschmolzen. Sie übersahen dabei, dafs Meteoreisen keinen Kohlenstoff enthält.

Ferner legierten sie das Eisen mit verschiedenen anderen Metallen,

---

[1]) Experiments on the Alloys of Steel, made with a view to its Improvement. By J. Stodart and M. Faraday, l. c., IX, 319.

[2]) On the Alloys of Steel by Stodart and Faraday. Philos. Transact. London 1822, Part. II.

Digitized by Google

als mit Platin, Rhodium, Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Von diesen zeichnete sich eine Legierung mit $^1/_5$ Proz. Silber durch besondere Güte aus, wodurch sie den besten Stahl übertraf. Stodart und Faraday glaubten, dafs man sich dieser Legierung mit Vorteil werde bedienen können.

Platin und Stahl wie künstlicher Damast zusammengefügt und geschweifst, zeigte vorzügliche Damastzeichnung. Platin und Stahl zusammengeschmolzen, gaben dagegen eine vollkommen gleichförmige Legierung, welche durch Farbe und Glanz zu Metallspiegeln geeignet erschien. Rhodium verhielt sich ähnlich. Die Legierung mit Gold zeigte dagegen keine so guten Eigenschaften wie die vorgenannten. Noch weniger die Legierungen mit Kupfer und Zinn. Gute Legierungen wurden dagegen mit Iridium, Osmium und besonders mit Palladium erzielt.

Berthier hatte zuerst eine Legierung des Stahls mit Chrom dargestellt, der er ebenfalls besondere Güte nachrühmte. Auch diese Versuche wurden von Stodart und Faraday wiederholt und dabei ein guter Stahl mit schöner Damastzeichnung hergestellt.

Boussingault wollte gefunden haben, dafs Silicium den Kohlenstoff im Stahl ersetzen könne, indem eine von ihm dargestellte Verbindung von 99,2 Eisen und 0,8 Silicium sich als vortrefflicher Stahl erwiesen habe. Dieser Ansicht traten die vorgenannten aber nicht bei.

Stodarts und Faradays ausführliche Untersuchungen erregten grofses Aufsehen und gaben mancherlei Anregungen; namentlich spielte der von ihnen gepriesene Silberstahl noch längere Zeit eine Rolle. Die Annahme, dafs der indische Wootz eine Legierung von Eisen mit Aluminium sei, fand durch spätere chemische Untersuchungen keine Bestätigung. Dagegen regte die Arbeit die Frage der Konstitution und Natur des Stahls von neuem an und führte zu praktischen und theoretischen Untersuchungen, welche wesentlich zur Aufklärung beitrugen.

In Frankreich war Bréant[1]) durch die Untersuchung des persischen Damastes ebenfalls zu dem Resultat gekommen, dafs derselbe keine mechanische Verbindung, sondern dafs er aus einem besonderen Gufsstahl hergestellt sei. Dieser Gufsstahl sei, wie aller Stahl, eine Legierung, aber von viel einfacherer Zusammensetzung, als man ge-

[1]) Siehe Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Vingtième anné 1821, p. 325. Karstens Archiv IX, 363.

Digitized by Google

wöhnlich glaube. Es handle sich dabei nicht um Legierungen verschiedener Metalle, wie Faraday und Stodart annahmen, sondern verschiedener Kohlenstoffverbindungen des Eisens. Eisen und Kohlenstoff müsse sich nach der Lehre von Berzelius in bestimmten Verhältnissen nach ihren Äquivalentgewichten verbinden, da aber der Stahl mehr oder weniger Kohlenstoff enthalte, als einem bestimmten Verhältnis entspräche, so müsse man annehmen, dafs Eisen-Kohlenstoffverbindungen von bestimmten Mischungsverhältnissen in einer Grundmasse von unbestimmtem Mischungsverhältnis gelöst seien. Diese suchten sich beim langsamen Erstarren zu trennen und hieraus entstehe die Damastzeichnung, welche bei jedem Stahl, wenn auch bei vielen nur in geringem Grade, beobachtet werden könne.

Héricart de Thury untersuchte gleichfalls verschiedene, ihm von Degrand in Marseille übergebene Proben von orientalischem Damaststahl und kam zu dem Schlufs, dafs zwei Arten derselben, von denen die eine durch Kunst hervorgebracht, die andere natürlich sei, unterschieden werden müssten, die er als harten und moirierten Damast bezeichnete. Der erstere sei weit seltener und würde höher geschätzt als der andere; aus jenem seien die dunklen Klingen der alten Fabrikation zu rechnen, während die hellen Klingen von Konstantinopel dort gemacht und dabei gar keine Stahlkuchen verwendet würden.

Die Gesellschaft der Aufmunterung der nationalen Industrie in Paris hatte nicht aufgehört, der Frage der Gufsstahlbereitung grofses Interesse zuzuwenden. Nachdem die Arbeit von Stodart und Faraday bekannt geworden war, hatte sie eine besondere Kommission erwählt, um die Versuche der beiden Engländer nachzumachen. Dieser Kommission wurde 1820/21 ein neuer Damaststahl von einem Fabrikanten Sir Henry vorgelegt, welcher daraus damascierte Klingen angefertigt hatte. Dieser Stahl war in der Weise bereitet, dafs andere Stahlsorten und zwar sowohl Schweifsstahl wie Gufsstahl einer längeren oder kürzeren Cementation unterworfen wurden. Der Zweck dieser Operation war, eine Verbesserung des Stahls zu erzielen, und dieser Zweck wurde erreicht. Es ergab sich aber auch, dafs so behandelter Stahl Damastfiguren zeigte, weshalb Sir Henry seinen Stahl Damaststahl nannte. Er unterschied vier Grade der Cementation (Aciers préparés de legére, de moyenne, de forte et de haute combinaison) und jede entwickelte verschiedene Damastmuster; ebenso waren die Figuren des aus Rohstahl bereiteten ganz anders als bei den aus Gufsstahl hergestellten. Dieser Stahl behielt angeblich seinen

Digitized by Google

krystallinischen Damast nach dem Umschmelzen im Tiegel wie der indische. Die Klingen aus cementiertem Rohstahl zeigten schöne moirierte, gebänderte, gewundene und gewirbelte Muster, während die biegsamen und elastischen Klingen aus Gufsstahl vom zweiten und dritten Umschmelzen, welche der hohen Cementation unterworfen worden waren, einen hübschen faserigen, punktierten und krystallinischen Damast zeigten. Durch das Verfahren von Sir Henry wurde dem Rohstahl eine ungleich gröfsere Härte und Gleichartigkeit, dem Gufsstahl mehr Festigkeit und Elasticität mitgeteilt.

Bréant hatte seine Untersuchungen gleichfalls fortgesetzt[1]) und hatte gefunden, dafs die Grundlage des orientalischen Damastes Gufsstahl ist, der mehr Kohle als unsere europäischen Stahlarten enthält, so dafs sich bei Vermeidung einer zu schnellen Erstarrung durch eine Art von Krystallisation bestimmte Verbindungen von Eisen und Kohle ausbilden können. Die Trennung dieser Verbindungen ist eine wesentliche Bedingung der Damastbildung. Bréant nahm mindestens drei Kohlenstoffverbindungen des Eisens im Stahl an, von denen Stahl und Graphit die äufsersten Glieder, Roheisen das Mittelglied bildeten. Sei weniger Kohlenstoff in dem Stahl vorhanden, als seiner normalen Mischung entspricht, so entstehe Stahl verbunden mit Eisen, sei mehr Kohlenstoff vorhanden, so entstehe Stahl gemischt mit Roheisen; bei langsamer Erstarrung müsse Trennung derselben und Damast zu stande kommen. Bréant erklärt die hierbei auftretenden Erscheinungen allein durch den Kohlenstoff bedingt und verwirft die Ansicht Stodarts und Faradays von Metalllegierungen im indischen Stahl. Dagegen wollte er gefunden haben, dafs sich Stahl sehr wohl nach Clouets Verfahren durch Zusammenschmelzen von Stabeisen und 2 Proz. Kienrufs herstellen lasse und empfahl dieses Verfahren für die Fabrikation. Ebenso erhielt er guten Stahl durch Zusammenschmelzen von 100 Tln. Feilspänen von grauem Roheisen mit 100 Tln. oxydierten Feilspänen von demselben Roheisen. Je dunkler und schwärzer das Roheisen, desto günstiger sei der Erfolg. Bréant ist der Ansicht, dafs sich auf diesem Wege Gufsstahl in Flammöfen im grofsen herstellen liefse. Das oxydierte Eisen liefse sich durch natürliches Eisenoxyd ersetzen. Bréant fand ferner, dafs sich kohlenstoffreiche Stahlsorten nur in Hitzegraden ausschmieden lassen, deren Grenzen sehr beschränkt sind.

Über die Darstellung des künstlichen Damaststahles durch Zu-

[1]) Siehe Annales de Chimie et de Physique, XXIV, 388.

Digitized by Google

sammenschweifsen von Stahl und Eisen stellte der Italiener Crivelli eingehende Versuche an [1]). Er umwickelte Stahlblech von Brescia mit Eisendraht und schlug dies in der Hitze platt; von diesen umwickelten, flachgehämmerten Stahlblechen legte er dann 18 bis 20 zu einem Paket zusammen, das geschmiedet, geschweifst und in einem Gesenk zu einem flachen Stab ausgereckt wurde. Dieser Stab lieferte zwei gewöhnliche Damastklingen. Will man feineren Damast haben, so schmiedet man die Stange auf 2 Linien Dicke aus, schneidet sie in sieben Stücke und bildet daraus wieder ein Paket. Dies kann man beliebig oft wiederholen. Wegen weiterer Belehrung verweisen wir auf die erwähnte Schrift [2]). Crivellis Klingen hatten sich bei den von dem K. K. österreichischen General-Kommando angestellten Proben sehr gut bewährt.

Dafs auch in Ostindien sehr schöne damascierte Gewehrläufe und Klingen auf ähnliche Weise durch Zusammenschweifsen von alten englischen Fafsreifen hergestellt wurden, hat Kapitän Bagnold zugleich mit dem Verfahren mitgeteilt [3]).

Berzelius machte 1829 Mitteilungen über die Darstellung von „Meteorstahl", bei welchem der Stahl mit Zink, Nickel, Zinn und Chromeisen legiert wurde.

Die Eisenbahnen bis 1830.

Keine Erfindung ist auf den Eisenverbrauch von so grofsem Einfluls gewesen, als die der Eisenbahnen, welche in diesem Zeitabschnitt zum Abschlufs gebracht wurde. Wie alle grofsen mechanischen Erfindungen ist sie allmählich entstanden und erst nach und nach zu der Vollkommenheit gediehen, dafs sie ihren Zweck mit Nutzen erfüllte. Nachdem dies einmal erreicht war, war ihre Verbreitung und Vervollkommnung eine sehr rasche.

Die Idee des Dampfwagens ist fast ebenso alt, wie die Idee der Dampfmaschine. Savary trug sich schon mit derselben, ohne jedoch über den allgemeinen Vorschlag, seine Dampfmaschine zur Bewegung von Fuhrwerken zu benutzen, hinauszukommen. Die Freundschaft, welche Dr. Robinson 1759 als Student in Glasgow mit James Watt schlofs, hatte ihren Ausgangspunkt in Robinsons Idee eines Dampf-

---

[1]) Crivelli, Sull' Arte di fabricare le sciabole di Damasco 1821.

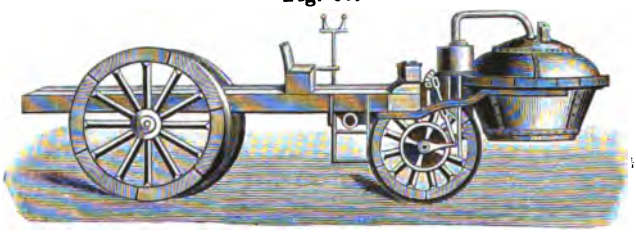
[2]) Im Auszug in Karstens Archiv IX, 401.

[3]) Siehe Transactions of the Soc. for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce, Vol. XLIII; Karstens Archiv XIV, 456.

Digitized by Google

wagens, für welche er Watts Interesse zu erregen suchte. Nicht lange danach wurde auch schon der erste Dampfwagen gebaut, aber nicht in England, sondern in Frankreich. Der Ingenieur Cugnot, damals Lehrer der Kriegswissenschaft zu Paris, wollte Geschütze statt mit Pferden mittels eines Dampffuhrwerkes im Felde bewegen und fertigte hierfür im Jahre 1763 ein Modell an. Die Idee fand solchen Beifall, dafs er durch königliche Unterstützung in den Stand gesetzt wurde, eine Maschine im grofsen zu bauen, mit welcher im Jahre 1769 Versuche vor dem Kriegsminister Herzog von Choiseul, General Gribeauval und anderen Offizieren angestellt wurden. Bei einem dieser Versuche rannte das Dampffuhrwerk eine Mauer um. Auch war der Dampfkessel zu klein, infolgedessen die Maschine nur etwa $^1/_4$ Stunde in Bewegung blieb. Cugnot baute deshalb 1770 eine neue Maschine, die sich besser bewährte. Fig. 97 giebt eine Abbildung derselben, aus welcher die Konstruktion ohne weitere Be-

Fig. 97.



schreibung verständlich ist. Dieser erste Dampfwagen wurde in den Strafsen von Paris laufen gelassen, als er aber in der Nähe des jetzigen Madeleineplatzes um die Ecke biegen sollte, fiel er mit grofsem Krach um. Die Polizei verbot weitere Versuche und Cugnots Dampfwagen wanderte in das Arsenal, von wo er in die Sammlung des Conservatoire des Arts et Métiers kam, woselbst er noch zu sehen ist.

James Watt hatte zwar in seinem Patent von 1769 die Benutzung seiner Dampfmaschine zum Betrieb von Fuhrwerken mit einbegriffen, war aber der Frage praktisch nie nahe getreten.

Dagegen erfand Oliver Evans in Amerika im Jahre 1772 einen Dampfwagen, um auf gewöhnlichen Strafsen zu fahren. Er erhielt auch 1787 von dem Staate Maryland ein Monopol für die Ausnutzung seiner Erfindung, doch kam dieselbe nicht zu praktischer Anwendung. In Schottland beschäftigte sich William Symington 1784 mit demselben Problem und brachte auch ein Modell zu stande, welches er 1786 im Edingburgh-College vorzeigte. Von der praktischen Ausführung hielt ihn jedoch der jammervolle Zustand der

Digitized by Google

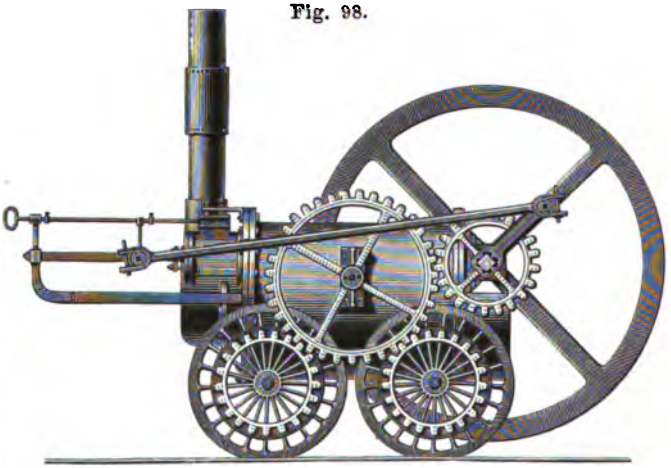
schottischen Landstrafsen ab. In demselben Jahre konstruierte aber der erfindungsreiche William Murdock, Watts Gehülfe und Freund, zu Redruth in Cornwall das Modell eines Dampfwagens. Das kleine Ding lief ganz gut und erschreckte den Pfarrer des benachbarten Kirchspiels eines Nachts, als es zischend mit feurigen Augen bei seinem Gang nach der Stadt auf ihn zu kam, fast zu Tode, denn, wie er selbst eingestand, hatte er es für den leibhaftigen Gottseibeiuns gehalten. Murdocks Dampfwagen blieb ein interessantes Spielzeug. Bis dahin waren alle Erfinder von der Voraussetzung ausgegangen, dafs der Dampfwagen auf der Landstrafse laufen müsse, was namentlich in damaliger Zeit praktisch unmöglich war. Gegen Ende des Jahrhunderts waren aber die Eisenbahnen — Tram- und Schienenwege — an vielen Orten in Anwendung gekommen und dienten namentlich in den Eisen- und Kohlenbezirken dem Massentransport. Murdocks Schüler, Richard Trevithick, trug sich mit der Erfindung eines Dampfwagens und dessen praktischer Verwendung sowohl auf gewöhnlichen Landstrafsen als auf Schienenwegen. Er verband sich mit seinem Vetter Andreas Vivian, welcher Mittel besafs, und nahm 1802 ein Patent auf seine Erfindung. Er baute einen Dampfwagen zunächst für Strafsenbetrieb mit Hochdruck und horizontalem Cylinder. Die Kolbenstange bewegte eine Kurbelachse, von der aus durch eine Zahnradübersetzung das Triebrad, mit dem ein Schwungrad verbunden war, in Bewegung gesetzt wurde. Der Dampfwagen lief in den Strafsen von Camborne, und wenn er ordentlich Dampf hatte, ging die Sache ganz gut. Dann rief Trevithick den Neugierigen zu, aufzuspringen, was viele mit Vergnügen thaten, und fort ging es, bis der Maschine der Atem ausging, was freilich meistens schon nach sehr kurzer Zeit geschah. Diese Lokomotive war schon dadurch interessant, dafs es eine der ersten Hochdruckdampfmaschinen war, bei welcher der Dampf auf beiden Seiten des Kolbens wirkte.

Die Erfinder brachten ihren Dampfwagen nach London, um ihn dort auszustellen. Das neue Fuhrwerk erregte grofses Interesse, nicht nur bei der neugierigen Menge, sondern auch bei den Männern der Wissenschaft. Humphrey Davy sprach sich sehr hoffnungsvoll darüber aus. An einem Tage wurde der Dampfwagen auf einem freien Felde in der Nähe von Euston Square öffentlich ausgestellt. An den Dampfwagen war ein Personenfuhrwerk angehängt, in dem das Publikum herumgefahren wurde. Trevithick bekam diese öffentliche Ausstellung aber schon am ersten Tage satt und als das Publikum den zweiten Tag wiederkam, fand es den Platz abgesperrt.

Digitized by Google

Es läfst sich annehmen, dafs der Erfinder die Sache deshalb so rasch abbrach, weil er zur Überzeugung kam, dafs der Dampfwagen auf den gewöhnlichen Wegen doch nicht anwendbar sei. Zufällig wurde in den Tagen dieser Schaustellung des Dampfwagens eine Wette zum Austrag gebracht, die ebenfalls die öffentliche Aufmerksamkeit auf sich zog. Es handelte sich um die Frage, welche Last ein einziges Pferd auf der Eisenbahn von Wandsworth nach Croydon ziehen könne. Zahl und Gewicht der Wagen war über Erwarten grofs. Bei Trevithick mag dies zu der wichtigen Erkenntnis geführt haben, dafs Eisenbahn und Dampfwagen zusammengehören, dafs der Dampfwagen nur auf einem eisernen Schienenwege mit Vorteil verwendet werden könne. Der Gedanke war bei ihm nicht neu, denn er hatte ihn schon in seinem Patent mit einbegriffen. Da er zufällig damals einen Hammer für das Eisenwerk zu Pen-y-darran in Auftrag hatte, so bot sich ihm eine günstige Gelegenheit, seinen Plan, eine Maschine für den Gütertransport auf der dortigen Eisenbahn zu bauen, auszuführen. Vor Ablauf des Jahres 1803 hatte er die Maschine, Fig. 98,

Fig. 98.



in der Schmiede des Hüttenwerkes vollendet. Sie war ähnlich der früheren, nur mit verschiedenen Verbesserungen konstruiert und zog gleich beim ersten Versuch mehrere Wagen, welche mit 10 Tonnen Eisen geladen waren, mit einer Geschwindigkeit von fünf Meilen in der Stunde. Ein Zeitgenosse hat folgenden Lebenslauf dieser ersten Lokomotive, welche wirklich betriebsmäfsig zum Transport verwendet wurde, veröffentlicht[1]). Sie hatte das Roheisen von den Hochöfen

[1]) Siehe Mining Journal, 9. September 1858.

Digitized by Google

nach der alten Schmiede zu ziehen und arbeitete ganz gut, nur brachen infolge ihres Gewichtes häufig die Gufsschienen und die Verbindungshaken. Nachdem sie einige Zeit so gearbeitet hatte, fuhr sie mit einer Fracht Eisen auf der Hafenbahn, wo sie stationiert werden sollte, herab. Bei dieser Fahrt zerbrach sie eine Menge Gufsplatten und ehe sie den Hafen erreicht hatte, entgleiste sie und mufste mit Pferden nach Pen-y-darran zurückgebracht werden. Von da ab wurde sie nie mehr als Lokomotive verwendet. Trevithick liefs sein Dampfwagenprojekt fallen.

In jener Zeit herrschte noch das festgewurzelte Vorurteil, die Räder und die Schienenbahn müfsten möglichst rauh sein, damit die Räder sich nicht tot liefen. Trevithick hatte deshalb in seinem Patent vorgesehen, dafs das Treibrad durch Knöpfe oder Querfurchen rauh gemacht werden sollte. Von dieser Ansicht ausgehend nahm Blenkinsop in Leeds 1811 ein Patent für eine Eisenbahn mit Zahnstangenführung auf einer Seite. In diese sollte ein gezahntes Rad der Lokomotive eingreifen und die Vorwärtsbewegung bewirken. Blenkinsops Dampfwagen hatte zwei Cylinder, nach einer Erfindung von Thomas Murray in Leeds. Die Eisenbahn war $3^1/_2$ englische Meilen lang und verband die Kohlenwerke von Middelton mit der Stadt. Diese Bahn war Jahre hindurch eine der gröfsten Sehenswürdigkeiten von Leeds. J. E. Fischer, der sie 1814 sah, lieferte folgende anschauliche Schilderung: „Von dem Orte, wo die Kohlen gegraben werden, bis zu dem bei der Stadt Leeds liegenden Magazin geht ein eiserner Railweg, der sich von den gewöhnlichen darin unterscheidet, dafs an der einen Seite desselben vorstehende Kämme (cogs) angegossen sind, etwa $2^1/_2$ Zoll lang, 2 Zoll dick, oben abgerundet und ungefähr 2 Zoll voneinander abstehend.

Der Wagen, auf dem die Dampfmaschine ist und der in Gröfse und Form einem kleinen Weinwagen mit einem einzelnen Fuhrfafs gleichkommt, hat auch vier niedere ganz eiserne Räder, wie die hinten angehängten Kohlenwagen; aber er hat noch ein fünftes, in der Mitte zwischen dem linken Hinter- und Vorderrad umlaufendes Stirn-Zahnrad, welches in die Kämme greift und durch zwei kleinere Stirnräder, die an zwei mit Kurbeln versehenen Wendelbäumen angebracht sind, herumgetrieben wird. Diese zwei Kurbeln erhalten ihre Bewegung unmittelbar von den auf- und niedergehenden Kolbenstangen in den zwei zehnzölligen Cylindern, die sich in dem Dampfkessel selbst befinden und nur so weit herausragen, als es die Disposition der Ventile oder vielmehr Hahnen, die durch die Kolbenstangen selbst vermittelst

Digitized by Google

eines einfachen Mechanismus zur Zulassung des Dampfes geöffnet und geschlossen werden, notwendig macht. In dem Dampfkessel selbst befindet sich auch der Ofen, um mit wenigem Feuer die gröfste Menge Dampf hervorzubringen.

Das Ganze ist von hölzernen Dauben, mit eisernen Reifen gebunden, eingefafst, wodurch es ziemlich das Ansehen eines Fasses erhält, und wovon der Grund bald angegeben werden soll. Der hintere und vordere Boden sind frei und auch von sehr starkem Eisenblech. An dem hinteren ist das Loch zur Feuerung angebracht und an dem vorderen das gekröpfte, 16 Fufs in die Luft ragende Kamin. Oben auf dem Fafs befinden sich noch die zwei Sicherheitsklappen. Da wegen Mangel an Raum zur Mitführung des Wassers und zur Vereinfachung der Maschine kein Kondensator angebracht ist, so wird dieselbe nur durch die Ausdehnung des Dampfes getrieben, die so stark ist, dafs sie auf jeden Quadratzoll mit einer Kraft von 60 Pfd. drückt, weshalb die oben erwähnte hölzerne Einfassung wegen Gefahr des Zerspringens der Maschine angebracht ist.

Bei genauer Beobachtung ihres Ganges vermittelst der Sekundenuhr fand ich die mittlere Geschwindigkeit der Kolben von 60 Zügen in der Minute von jedem Cylinder und den Kolbenhub 2 Fufs. Das Fortschreiten der Maschine ist so, dafs ein Mann mit starkem Schritt kaum folgen kann. Da ich diesem Fuhrwerke noch fast zwei englische Meilen entgegengegangen war, ehe ich ihm begegnete, so hiefs mich der Mann, der es leitete, auf den Wagen der Maschine, der an den Seiten mit Bänken versehen ist, aufsteigen und schlug mir zu Gefallen einen Trott an, indem er durch stärkere Dampfproduktion die Geschwindigkeit der Kolben bis auf 80 Hube die Minute vermehrte. Ich war aber froh, als er wieder nachliefs, wegen der augenscheinlichen Gefahr einer Explosion, denn der Dampf pfiff, als wenn ein halbes Dutzend asthmatischer Rosse, aufser Atem getrieben, vorgespannt gewesen wären. Übrigens machte es mir Freude, auf diesem Triumphwagen des menschlichen Geistes (so möchte ich dies Fuhrwerk nennen) meinen Einzug in Leeds zu halten; denn zu einem solchen Behuf sind die Elemente wohl noch nicht oft und mit so konzentrierter Kraft in einen so kleinen Raum gebannt worden, da dieselbe im Augenblick 23 Wagen, jeder mit 60 Ctr. Steinkohlen beladen, dann die ganz eisernen Wagen selbst, deren jeder 10 Ctr. schwer ist, auf zuweilen etwas ansteigender Bahn und zwar mit gleicher Geschwindigkeit fortschafft."

Die Herren Chapman von Newcastle, von derselben irrigen Vor-

Digitized by Google

aussetzung der ungenügenden Reibung ausgehend, nahmen Patent auf eine Kettenbahn, welche in ihrem Betriebe grofse Ähnlichkeit mit der heutigen Kettenschleppschiffahrt hatte. Dieselbe bewährte sich aber gar nicht. Eine wichtigere Anlage war die Wylambahn des Herrn Blackett; sie verband die Kohlenwerke von Wylam mit dem Tynefluſs, wo die Kohlen nach Newcastle verladen wurden, und war vier Meilen lang. Blackett war ein unternehmender Kohlengrubenbesitzer und ein Bekannter von Trevithick, von dem er sich bereits 1804 einen Plan für einen Dampfwagen zum Kohlentransport verfertigen lieſs; indessen kam derselbe nicht zur Ausführung. Bis 1808 war die Bahn ein gewöhnlicher Holz-Tramway gewesen. In diesem Jahre wurde statt dessen ein einfacher gufseiserner Plattenweg (plate way) mit Weichen angelegt. Während früher ein Pferd einen Wagen zog, konnte dasselbe jetzt leicht zwei oder drei beladene Wagen ziehen. Durch Blenkinsops Erfolge ermuntert, legte Blackett 1812 eine ähnliche Zahnradbahn mit Dampfbetrieb an; aber seine plumpe Lokomotive mit gufseisernem Kessel flog beim ersten Versuch in Stücke. Unbeirrt durch diesen Mifserfolg lieſs er eine neue Maschine bauen, welche denn auch wirklich 8 bis 9 beladene Wagen, aber nicht schneller als etwa eine englische Meile in der Stunde, fortbewegte. Alle Augenblicke brach aber eine Gufsschiene oder sprang das Triebrad aus der Führung. Die Maschine wurde dadurch zum Gespötte der Nachbarschaft. Aber Blacketts Maschinist Foster und sein Grubensteiger Hedley lieſsen sich nicht irre machen. Letzterer kam auf den Gedanken, ob die Sache nicht ohne das Zahngetriebe gehen könne, ob die Reibung der Laufräder auf den Schienen nicht ausreichend sei? Er stellte Versuche an bei verschiedener Belastung der Maschine, welche den besten Erfolg hatten und ermittelte durch Gewichte die Zugkraft, welche nötig sei, um die verlangte Anzahl Wagen bei jeder Witterung auf glatter Bahn zu ziehen. Durch diese einfachen Versuche eines Steigers war die allgemein festgehaltene Ansicht der Maschineningenieure, daſs es unmöglich sei, mit einer Maschine mit glatten Rädern Lasten auf einer Eisenbahn bei geringer Steigung fortzubewegen, ein für allemal beseitigt. Der Dampfwagen der Wylambahn arbeitete seitdem viel besser.

Diese unvollkommene Eisenbahn führte dicht an einer kleinen Hütte vorbei, wo ein armer, aber braver Kohlenhauer mit seiner Familie wohnte, Robert Stephenson, dem am 9. Juni 1781 ein Sohn Georg geboren wurde, welcher bestimmt war, einer der gröfsten Wohlthäter der Menschheit zu werden. In den ärmlichsten Verhält-

Digitized by Google

nissen und ohne jede Schulbildung wuchs der Junge heran und mufste schon in frühen Jahren helfen, durch seiner Hände Arbeit zu seinem Unterhalt beizutragen. Als ein grofses Glück erschien es ihm und seinen Eltern, als der starke Junge im 15. Lebensjahre Heizer bei der Dampfmaschine eines Kohlenbergwerkes bei Newburn on the Tyne wurde. Im 17. Jahre wurde er Maschinenwärter (plugman), während sein Vater sein Heizer wurde. In dieser Stellung konnte sich sein aufserordentliches mechanisches Talent entfalten. Die Verpflichtung, seine Maschine in Ordnung zu halten, zwang ihn, dieselbe genau zu studieren, selbständig zu denken und zu handeln. Er erlangte rasch volles Verständnis ihrer Construction und sein mechanisches Geschick machte es ihm leicht, sich zu helfen und alle laufenden Reparaturen selbst zu machen. Er lernte aber nicht blofs von seiner Maschine. Da er jetzt den Mangel jeglicher Schulbildung tief empfand, entschlofs er sich, in seinen alten Tagen noch einmal Schulknabe zu werden, um Lesen und Schreiben zu lernen. Der grofse starke Mann setzte sich in die Abendschule zu den Kindern und lernte bei Robin Cowens für 3 Pence die Woche diese wichtigen Künste. In gleicher Weise lernte er Rechnen. Georg wurde, nun 20 Jahre alt, Maschinist bei der Fördermaschine (brakesman), was für das schwierigste Amt bei den Kohlenbergwerksmaschinen galt. In dieser Stellung kam er später nach Killingworth, von wo sein Ruhm ausging. Er hatte sich durch scharfe Beobachtung der Maschinen und unablässigen Fleifs so grofse mechanische Kenntnisse und Geschicklichkeiten erworben, dafs er imstande war, auch andere Maschinen, die in Unordnung geraten waren, zu reparieren und in Ordnung zu bringen. Durch verschiedene glückliche Kuren an kranken Maschinen erlangte er einen Namen als Maschinenarzt in seinem Revier. George Stephenson hatte inzwischen geheiratet und am 16. Oktober 1803 wurde ihm ein Sohn geboren, den er nach dem Grofsvater Robert nannte und der den Ruhm des Namens Stephenson fortzusetzen bestimmt war. Diesem Sohn eine gute Erziehung, besser als sie ihm geworden, zu geben, wurde nun eine Lebensaufgabe des glücklichen Vaters. Auch weckte er früh in dem Knaben das Interesse für Mechanik und schärfte spielend seine Erfindungsgabe. Manches kindliche Kunstwerk fertigten Vater und Sohn gemeinschaftlich, um später zu ernsteren Arbeiten überzugehen.

Die Frage des billigen Kohlentransportes nach den Verladeplätzen an dem Tynefluſs beschäftigte George Stephenson, seitdem er Maschinist bei der Fördermaschine zu Killingworth geworden war.

Digitized by Google

Wo es anging, legte er schiefe Ebenen, sogenannte Bremsberge, an, bei denen das Gewicht der abwärts gehenden beladenen Wagen die aufwärts gehenden leeren Wagen mittels eines Seiles über einer Scheibe in die Höhe zog. Dies war aber nur an einzelnen Punkten anwendbar. Der Transport in der Ebene geschah langsam mit Pferden auf Tramwegen. Dafs hierfür der Dampf das richtige Auskunftsmittel werden müsse, war seine Überzeugung von früh an. Er hatte alle die Versuche mit Blacketts Eisenbahn, welche an seinem Geburtshause vorbeilief, beobachtet und mit erlebt. Auch eine Maschine von Blenkinsop hatte er bei den Kohlenwerken von Kenton und Coxlodge laufen sehen. Sein scharfes, prüfendes Auge erkannte die Mängel beider. Abgesehen von allen sonstigen Unvollkommenheiten, arbeiteten die Lokomotiven noch mit viel höheren Kosten als Pferde. George Stephenson fafste den Plan, eine bessere Lokomotive, deren Betrieb auch ökonomisch vorteilhaft sei, zu konstruieren. 1813 machte er den Besitzern der Killingworth-Kohlenbergwerke den Vorschlag, eine „Reisemaschine“ (travelling engine), wie er sie nannte, zu bauen. Lord Ravensworth, der Hauptbesitzer, der bereits eine sehr gute Meinung von dem jungen Maschinisten gewonnen hatte, gab seine Zustimmung und mit seinem Gelde begann Stephenson seine erste Lokomotive zu bauen. — Man erklärte Lord Ravensworth in der ganzen Gegend für verrückt. Stephenson hatte grofse Schwierigkeiten bei der Ausführung, denn es gab weit und breit keine geschickte Mechaniker. Der Bergschmied von West Moor mufste in der Bergschmiede daselbst die Arbeit nach Stephensons Angaben und mit seiner Hülfe ausführen. Die Maschine hatte zwei Cylinder und wurde die Kraft durch die Kolbenstange auf ein Zahngetriebe, welches die Radachsen bewegte, übertragen. Maschine, Kessel und Tender waren auf einem Plattwagen ohne Federn befestigt. Die Räder waren glatt. Stephenson hatte sich durch Versuche überzeugt, dafs die Reibung derselben, bei entsprechender Belastung, ausreichte. Am 25. Juli 1814 konnte die Lokomotive probiert werden und es zeigte sich, dafs sie 8 beladene Wagen von 30 Tonnen Last mit einer Geschwindigkeit von 4 englischen Meilen in der Stunde fortbewegen konnte. Die Maschine erhielt den Namen „Blücher“ und wurde in regelmäfsigen Dienst genommen. Sie war noch sehr unvollkommen. Alle Teile der Maschine und die Radachsenlager waren an den Dampfkessel angeschraubt; da sie keine Federn hatte, stiefs und klapperte die Lokomotive furchtbar. Es wurde eine sorgfältige Vergleichung der Kosten des Betriebes der Maschine mit der von Pferden

Digitized by Google

vorgenommen, und nach Jahresschluſs ergab sich, daſs sie ziemlich gleich hoch waren, so daſs der Transport mit der Maschine nicht vorteilhafter war. In diesem kritischen Augenblicke gelang es aber Stephenson, eine Verbesserung an seiner Lokomotive anzubringen, welche ihre Leistung bedeutend erhöhte. Es war dies die Einführung des verbrauchten Dampfes in den Schornstein durch ein enges Ausströmungsrohr. Aus diesem muſste er mit groſser Geschwindigkeit ausströmen, riſs die Luft mit fort und bewirkte dadurch eine bedeutende Verstärkung des Zuges in dem Sinne eines Dampfstrahlgebläses. Diese scheinbar unbedeutende Änderung vermehrte die Arbeit der Maschine um mehr als das doppelte und verminderte dabei zugleich die Belästigungen, welche der Dampf bei seinem direkten Entweichen aus den Dampfcylindern veranlaſst hatte. Diese Entdeckung kam zur rechten Zeit und erwies sich so wichtig, daſs sie für die Verwendung der Lokomotive entscheidend wurde. Nach dieser und noch manchen anderen Erfahrungen konstruierte Stephenson eine zweite Maschine und nahm am 28. Februar 1815 ein Patent darauf. Die wichtigste Abänderung bestand darin, daſs er zwei vertikale Dampfcylinder direkt mit den beiden Räderpaaren verband. Um den notwendigen Parallelismus der Bewegungsebenen der Radscheiben und des Krummzapfens der Kolbenstange zu erreichen, wurde der Kreuzkopf durch ein bewegliches Kugelgelenk mit der Kolbenstange verbunden und bewegte sich in einer parallelen Führung. Die Räder selbst wollte er, wie aus der Patentbeschreibung hervorgeht, durch Kurbelstangen miteinander verbinden, da er aber niemand fand, der ihm so starke, geköpfte Achsen schmieden konnte, muſste er sich damit begnügen, die Räderpaare durch Ketten, welche über Zahnräder liefen, miteinander zu kuppeln. Da die Ketten sich aber nach wenigen Jahren längten und unbrauchbar wurden, so ersetzte er sie durch Führungsstangen an der äuſseren Seite der Räder. So waren in dieser Maschine vom Jahre 1815 schon die wichtigsten Erfindungen Stephensons in Anwendung gebracht, und kann sie als der erste Typus der modernen Lokomotive angesehen werden.

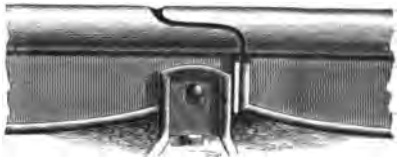
Obgleich seine Maschine noch viele Mängel hatte und von den meisten nur als ein interessantes Spielzeug angesehen wurde, so war Stephenson bereits ganz von der zukünftigen Bedeutung der Lokomotive durchdrungen, von der er bereits bestimmt behauptete, daſs sie einstmals alle anderen Transportmittel für den Massentransport zu Land verdrängen werde.

Bisher hatten sich Stephensons Verbesserungen nur auf die

Digitized by Google

Maschine bezogen, ebenso wichtig war aber die Verbesserung der Schienenbahnen selbst. Diese waren bis dahin ohne Sorgfalt und ohne genaues Nivellement gelegt worden. Die eine lag höher, die andere tiefer, infolgedessen gab es an den Verbindungsstellen die ärgsten Stöfse, unter denen die Verbindungen und die Maschinen litten. Damals, 1816, kannte man nur gufseiserne Schienen. Jede Schiene bildete ein Stück von etwa 3 Fufs Länge, dasselbe lag auf flachen, gufseisernen Stühlchen, welche auf Steinblöcken aufsafsen. Wichen diese, so pafsten die Schienenenden nicht mehr aufeinander; heftige Stöfse und Schienenbrüche waren die Folge. Um dies möglichst zu vermeiden, ersetzte Stephenson die Stofsfugen der Schienen durch übereinander greifende Fugen, welche in der nebengezeichneten Weise, Fig. 99, verbunden wurden. Diese Schienen für welche er in Gemeinschaft mit einem Giefsereibesitzer W. Losh von Newcastle am 30. September 1816 ein Patent nahm, erwiesen sich als eine grofse Verbesserung, welche die Leistung der Lokomotive erheblich vermehrte. In demselben Patent waren verschiedene Verbesserungen an der Lokomotive mit einbegriffen, wie die Anwendung schmiedeeiserner Räder an Stelle der Gufsräder (eine Erfindung Loshs), namentlich aber eine Federung, welche durch den Dampf bewirkt wurde. Er lagerte den Dampfkessel auf vier kleine Dampfcylinder, welche mit dem Kessel kommunizierten. Die schwebenden Kolben dieser Cylinder nahmen je ein Viertel der Last auf, welche dadurch immer ziemlich gleich verteilt blieb. Diese geistreiche Dampffederung blieb in Anwendung, bis man genügend starke Metallfedern zu machen lernte. Die nach dem neuen Patent verbesserten Maschinen arbeiteten mit grofser Ersparnis und bewährten sich so gut, dafs dieselbe Art Maschinen noch vor wenigen Jahrzehnten auf der Killingworthbahn in Anwendung war, wo sie schwere Kohlenzüge mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 6 Meilen in der Stunde beförderten.

Fig. 99.



Stephensons Erfolg erweckte bei vielen die Hoffnung, dafs er auch im stande sein würde, eine Strafsenlokomotive zu bauen; er selbst aber lehnte dies bestimmt ab, da ihm klar war, wie unverhältnismäfsig grofs die Reibung auf gewöhnlichen Strafsen ist. Dagegen machte er wichtige Versuche, die Gröfse der Reibung auf Eisenbahnen zu bestimmen, wobei er sich eines selbsterfundenen Dynamometers

Digitized by Google

bediente. Er stellte durch Experiment fest, was theoretisch schon lange bekannt war, dafs das Mafs der Reibung bei jeder Geschwindigkeit dasselbe bleibt. Er unterschied genau die drei Widerstände, die Achsenreibung, die Reibung an der Gleitfläche der Schienen und das Gewicht. Achsenreibung und Gewicht waren leicht zu ermitteln, die gleitende Reibung nicht, doch fand er, dafs dieselbe bei rauhen Flächen so rasch zunahm, dafs der Versuch auf gewöhnlichen Strafsen ihm ganz unausführbar erschien. Er fand, dafs eine Steigung von $^1/_{100}$ schon mehr als 50 Proz. Kraft erforderte. Diese wichtigen Thatsachen dienten ihm zur Richtschnur bei seinen späteren Bahnbauten. Er erkannte, wie notwendig eine ebene Bahn für den Lokomotivbetrieb sei. Diese Erkenntnis war sehr wichtig, denn bis dahin hatte man meist geneigte Bahnen von den Kohlengruben nach dem Flufsufer gebaut und man betrachtete die schiefe Ebene als einen Vorteil, weil sie Gelegenheit bot, durch die abwärts laufenden beladenen Wagen die leeren in die Höhe zu ziehen. Wo aber die Lasten in derselben Richtung auf und ab befördert werden mufsten, war dies nicht anwendbar; in diesem Falle war eine möglichst ebene Bahn die beste.

Obgleich Stephensons Lokomotive Jahr ein Jahr aus mit dem besten Erfolge ununterbrochen ihre Lasten auf der Killingworth-Eisenbahn beförderte, erregte sie doch merkwürdigerweise nur wenig Interesse, und es dauerte 8 Jahre, ehe eine zweite Dampfbahn für den Kohlentransport gebaut wurde. Killingworth lag zu sehr aufser der Welt, George Stephenson blieb der bescheidene Maschinist, und es kam ihm nicht in den Sinn, für seine Erfindungen Reklame zu machen. Dagegen dachte er damals zuweilen daran, nach Amerika auszuwandern, um sich dort auf den Bau von Dampfschiffsmaschinen zu verlegen. Glücklicherweise wurde hieraus nichts, und sein Verdienst fand seinen Lohn im eigenen Vaterlande. 1819 beschlossen die Gewerke der Hetton-Kohlengruben die Anlage einer 8 Meilen langen Eisenbahn mit Maschinenbetrieb von ihren Bergwerken bei Houghton-le-Spring in Durham nach dem Verladungsplatz am Flusse Wear. Das Terrain war hügelig und die Anlage schwierig. George Stephenson wurde mit ihrer Ausführung betraut und führte sie mit der gröfsten Sorgfalt aus. Er legte fünf schiefe Ebenen mit stehenden Maschinen an, den übrigen Betrieb sollten Lokomotiven besorgen. Am 18. November 1822 wurde die Hetton-Eisenbahn eröffnet und zwar mit fünf von Stephensons Lokomotiven oder „eisernen Pferden“, wie sie vom Volke genannt wurden. Jede zog einen Zug

Digitized by Google

von 17 Wagen mit etwa 64 Tonnen Gewicht und einer Geschwindigkeit von 4 Meilen in der Stunde.

Von viel gröfserer Bedeutung wurde die Stockton-Darlington-Eisenbahn, welche 1817 von Edward Pease zuerst als einfacher Eisenweg projektiert worden war. Aber erst am 19. April 1821 konnte er die königliche Bestätigung für sein Projekt erlangen, dem die adligen Grofsgrundbesitzer heftigen Widerstand bereiteten und das weder von den übrigen Gewerken, noch von den Kohlenhändlern unterstützt wurde. Pease war aber ein Mann, der einen weiteren Blick hatte, als die meisten seiner Zeitgenossen, und an dem, was er für richtig erkannt hatte, mit unbeugsamer Energie festhielt. Lokomotivbetrieb war ursprünglich nicht beabsichtigt, in der Konzessionsurkunde hiefs es „mit Menschen, Pferden oder sonstwie" und dem Publikum sollte es gestattet sein, die Bahn mit Pferden, Rindvieh und Fuhrwerk zu benutzen an den Tagesstunden und gegen eine Taxe.

Stephenson hörte von dem Unternehmen, suchte Pease auf, erbot sich zur Übernahme der Ausführung und brachte den Lokomotivbetrieb in Vorschlag. Pease hatte nur Pferdebetrieb vorgesehen, und Stephensons Behauptung, dafs eine Lokomotive 50 Pferde ersetze, überraschte ihn in hohem Grade. Pease und seine Teilhaber beschlossen, die Eisenbahn zu bauen und übertrugen George Stephenson die Ausführung der Stockton-Darlington-Linie. Am 23. Mai 1822 wurde der Bau feierlich begonnen. In seinem Voranschlag setzte Stephenson eine ziemlich hohe Summe für stationäre Maschinen ein, für Lokomotiven nichts, denn die Direktoren und die öffentliche Meinung betrachteten Lokomotiven immer noch als eine mechanische Spielerei.

Stephenson verfehlte aber nicht, bei jeder Gelegenheit auf die Überlegenheit der Lokomotive im Vergleich mit dem Pferdebetrieb hinzuweisen, obgleich er meist tauben oder ungläubigen Ohren predigte. Häufig besprach er den Gegenstand mit Pease und schlofs immer die Diskussion mit den Worten: „Kommen Sie nach Killingworth und sehen Sie selbst, was eine Lokomotive leistet." Endlich entschlofs sich Pease hierzu, und das, was er sah, überzeugte ihn so vollständig von der Wahrheit alles dessen, was Stephenson gesagt hatte, dafs Pease von diesem Moment an ein eifriger Befürworter des Lokomotivbetriebes wurde.

Die Tracierung und Vermessung der neuen Eisenbahnlinie mufste George Stephenson ganz allein vornehmen. Gleichzeitig gründete er in Verbindung mit Pease und Richardson eine Maschinenfabrik

Digitized by Google

in Newcastle, welche nur für den Bau von Lokomotiven bestimmt sein sollte. 1823 wurde das Unternehmen begonnen und 1824 kam die Fabrik in Betrieb.

Bei dem Bau der neuen Bahn war es eine wichtige Frage, ob gufseiserne oder schmiedeeiserne Schienen in Anwendung kommen sollten. Früher kannte man nur Gufsschienen, und wir wissen, dafs Stephenson ein Patent auf solche erlangt hatte. Trotz dieses Patentes brachte er selbst schmiedeeiserne Schienen, wegen ihrer gröfseren Haltbarkeit, trotz ihres doppelten Preises in Vorschlag. Gufsschienen kosteten damals 5 £ 10 sh., schmiedeeiserne Schienen 12 £ die Tonne. Gewalzte profilierte schmiedeeiserne Schienen waren eine Erfindung John Birkinshaws, Besitzer des Bedlington-Eisenwerkes in der Grafschaft Durham, welcher am 23. Oktober 1820 ein Patent darauf genommen hatte [1]). Die Patentbeschreibung besagt, die Schienen sollen aus Schmiedeeisen angefertigt werden, entweder in prismatischer oder Keilform, oder mit konkaven Seiten in einer Art T-Form, wobei die Oberfläche flach gewölbt sein sollte. Sie wurden durch Walzen von glühendem Eisen durch Öffnungen von entsprechender Gestalt hergestellt. Solche gewalzte Schienen konnte man länger machen als gufseiserne und brauchte sie dabei wegen ihrer gröfseren Bruchfestigkeit nicht so stark zu machen. Die Form, welche Stephenson wählte, war die sogenannte Fischbauch-Schiene (s. oben S. 266, Fig. 86). Die Spurweite machte man, entsprechend dem üblichen Radabstand der Fuhrwerke, 4 Fufs $8^1/_2$ Zoll. Nach dieser Spur wurden Lokomotiven und Eisenbahnwagen gebaut. Man benutzte die Erdwagen von der Hettonbahn auf der Stockton-Darlington-Linie.

Obgleich anfänglich Pferdebetrieb in Aussicht genommen war, setzte Pease es durch, dafs auch mit Lokomotiven ein Versuch gemacht wurde. Drei Maschinen wurden von der Firma Stephenson & Komp. in Newcastle bestellt. Die erste Maschine, welche abgeliefert wurde, führte den Namen „Lokomotion“ und wog 8 Tonnen. Sie war mit allen neuen Verbesserungen von Stephenson versehen. Durch den cylindrischen Kessel führte ein Feuerrohr, durch welches die Verbrennungsgase in den Schornstein geführt wurden. Die Maschinen waren als Lastmaschinen für langsamen Gang konstruiert. An eine Beförderung von Personen dachte man damals noch gar nicht. Am 27. September 1825 wurde die Stockton-Darlington-Eisenbahn unter grofsem Zudrange von Neugierigen eröffnet, und der Erfolg

[1]) 1824 nahm William James ein Patent auf hohle Schienen.

Digitized by Google

übertraf alle Erwartungen. Der Zug war erst aus 4 mit Kohlen und Mehl beladenen Güterwagen, dann aus einer Passagierkutsche für die Direktoren und ihre Freunde zusammengesetzt, dann folgten 21 Wagen, welche provisorisch mit Sitzen versehen worden waren für das Publikum, und hierauf kamen wieder 6 beladene Kohlenwagen, so dafs der Zug im ganzen aus 38 Wagen bestand. Das Zeichen ertönte, der Zug setzte sich in Bewegung und dampfte stolz dahin, zeitweise mit der damals unglaublichen Geschwindigkeit von 12 englischen Meilen in der Stunde. In Stockton traf der Zug mit 600 Passagieren ein. Der Erfolg des Unternehmens übertraf alle Erwartungen. Man hatte gar nicht vermutet, dafs der Verkehr mit den Seehäfen eine Bedeutung haben würde. In kurzer Zeit übertraf er den Lokalverkehr auf der Strecke, auf den man allein gerechnet hatte, und wurde der wichtigste Teil des Transportes; in wenigen Jahren stieg er auf 500000 Tonnen, während man ihn vorher nicht auf 10000 Tonnen veranschlagt hatte. Ebenso hatte man nichts vom Personenverkehr erwartet, da die Gegend sehr dünn bevölkert und der Passagierverkehr zwischen Darlington und Stockton äufserst gering war. Ein einziger Passagierwagen, der einem gewöhnlichen Mefswagen ähnlich sah, wurde anfänglich als Pferdebahnwagen eingestellt. Er erhielt den Namen „das Experiment“ und die Aufschrift „Periculum privatum utilitas publica“. Aber schon nach wenigen Jahren mufsten ganze Züge von Personenwagen durch Lokomotiven befördert werden. Als ein höchst merkwürdiges Ereignis galt es, als die Lokomotive bei einer Wettfahrt mit dem Postwagen die Wette gewann. Die Maschine Nr. 1, Lokomotion, blieb bis zum Jahre 1846 in regelmäfsigem Betriebe, später wurde sie als ein historisches Denkmal auf einer Rampe vor dem Bahnhofe zu Darlington aufgestellt, wie es Fig. 100 (a. f. S.) zeigt.

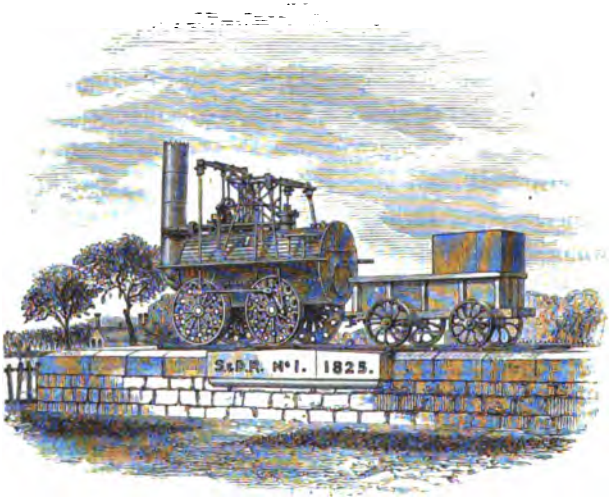
Die Stockton- und Darlingtonbahn ist für die Geschichte des Eisenhüttenwesens auch deshalb von besonderer Bedeutung, weil sie die Veranlassung wurde für die Entstehung der weltbekannten Eisenstadt Middlesborough-on-Tees. Als die Bahn eröffnet wurde, war der Grund der Stadt Wiese und Sumpf, ein einziges Farmhaus befand sich daselbst. 1829 kaufte einer der Hauptbeteiligten der Eisenbahngesellschaft 500 bis 600 Morgen Land unterhalb Stockton, da, wo jetzt Middlesborough liegt, und legte einen neuen Seehafen für die Kohlenverfrachtung an. Die Bahn wurde bis zu dem Punkte verlängert, und es entstand aufser den Lagerhäusern, Zollgebäuden und Schiffswerften rasch eine Stadt, welche nach 10 Jahren bereits 6000 Einwohner zählte, heute hat Middlesborough ca. 80000 Einwohner.

Digitized by Google

Das entscheidende Schlachtfeld für die Zukunft der Eisenbahnen und des ganzen Verkehrswesens ist aber die Bahn von Liverpool nach Manchester geworden. Hier hat Stephenson seinen gröfsten Sieg erfochten, der seinen Namen über die ganze civilisierte Erde trug.

Der Bridgewaterkanal, welcher in den 70er Jahren des 18. Jahrhunderts erbaut worden war, um dem grofsen Verkehr von Manchester und Liverpool zu dienen, war seiner Zeit ein bewunderungswürdiges Bauwerk und die gröfste Wohlthat für dieses wichtige Industriegebiet gewesen. Handel und Verkehr hatten aber anfangs der 20er Jahre solchen Umfang angenommen, dafs er ganz ungenügend wurde, den

Fig. 100.



gewaltigen Güterverkehr zu bewältigen. Dabei war der Transport ein sehr teurer, denn die Kanalgesellschaft hatte das Monopol und konnte Preise machen, wie sie wollte.

Um 1821 tauchte zuerst der Plan auf, Manchester mit Liverpool durch eine Trambahn zu verbinden. Ein Kaufmann Sandars von Liverpool war der erste, welcher für das Projekt warb. Im Jahre 1820 hatte Thomas Gray eine Broschüre „Bemerkungen über eine allgemeine Eisenbahn“ geschrieben, welche grofses Aufsehen erregte. In ihr war zum erstenmal die Überlegenheit von Lokomotivbahnen im Vergleich mit Landstrafsen und Kanälen für den Güter- und Personentransport nachgewiesen. In dieser Broschüre wies Gray auf den grofsen Nutzen einer Eisenbahn von Manchester nach Liverpool hin. Damit begann die Idee der Eisenbahn allmählich in das Publikum zu dringen. William James, ein Unternehmer, der unter anderen

Digitized by Google

Dingen auch schon verschiedene Trambahnen gebaut hatte, war der dritte, der denselben Plan faſste und Sandars seine Dienste anbot. Er übernahm es, eine vorläufige Vermessung vorzunehmen, stieſs aber auf hartnäckigen und erbitterten Widerstand seitens der Grundbesitzer. Trotz dieser Schwierigkeiten brachte James eine oberflächliche Vermessung zu stande. Auch begab er sich nach Killingworth, sah Stephensons Lokomotive arbeiten und war überrascht von ihrer Leistung. Er wurde mit Stephenson bekannt, versprach diesem, seine Lokomotiven einzuführen, und das Verhältnis führte zu einer Beteiligung an der Lokomotivfabrik, woraus aber Stephenson kein direkter Nutzen erwuchs. Dagegen wurde dies wieder die Veranlassung, daſs Stephenson seinen Sohn Robert Herrn James als Gehülfen bei der Ausführung einer zweiten Vermessung, da die erste ungenügend war, mitgab. James kam aber mit diesem zweiten Projekt nicht zu Ende, Krankheit und der Zusammenbruch seines Vermögens verhinderten ihn daran. Das Eisenbahnkomitee war durch diese neue Verzögerung in groſser Verlegenheit. Inzwischen hatte Sandars selbst die persönliche Bekanntschaft von George Stephenson gemacht und in ihm den einzig richtigen Mann erkannt, das groſse und schwierige Unternehmen zu einem guten Ende zu führen. Einstimmig wurde Stephenson zum leitenden Ingenieur erwählt. Sandars hatte inzwischen mit Eifer und Energie für das Unternehmen gewirkt und eine Gesellschaft von reichen Kapitalisten zur Ausführung desselben zusammengebracht. Eine zweispurige Eisenbahnlinie wurde beschlossen. Der erste Prospekt wurde am 29. Oktober 1824 verschickt; die Anlagekosten wurden darin zu 400000 £ veranschlagt, eine Summe, die viel zu niedrig gegriffen war.

Stephenson führte inzwischen unter groſsen Schwierigkeiten seine Vermessungsarbeiten fort, denn die Grundbesitzer agitierten gegen das Unternehmen und hetzten ihre Arbeiter und das ungebildete Volk gegen die Ingenieure auf. In Broschüren und Zeitungsartikeln wurde gegen das Projekt losgezogen. Man streute aus, die Lokomotiven würden das Land unglücklich machen; wo sie führen, da hörten die Kühe auf zu weiden und die Hühner Eier zu legen. Durch den giftigen Hauch der Lokomotiven würden die Vögel in der Luft getötet; Fasanen- und Fuchsjagden wären nicht mehr möglich. Die Luft würde verpestet durch den Rauch und alle Häuser in der Nähe der Bahnlinien würden in Brand geraten. Das Fuhrwerk würde überflüssig, Pferde wertlos, Hafer fände keine Käufer mehr, Fuhrleute und Kutscher müſsten verhungern. Reisen würde lebensgefährlich,

Digitized by Google

Dampfkessel würden platzen und die Menschen in Atome zerschmettern u. s. w.

Und es war nicht nur die ungebildete Menge, die von so falschen Vorstellungen befangen war. Als Stephenson dem Anwalt des Unternehmens, welcher das Konzessionsgesuch vor dem Parlament vertrat, vertraulich mitteilte, man werde mit der Lokomotive 20 englische Meilen in der Stunde fahren können, erklärte ihm dieser, der Antrag würde rettungslos durchfallen, wenn er so etwas öffentlich sage und die Geschwindigkeit nicht auf ein „vernünftiges" Mafs beschränke. Selbst jeder Ingenieur hätte damals den Gedanken, mit solcher Geschwindigkeit zu fahren, für eine Absurdität erklärt. Stephenson stand allein und verlassen mit seinen Ansichten. Sandars war der einzige, dem er sie vertrauen durfte. Die Presse, die Leute von Fach, alle waren gegen Stephenson und gegen den Gedanken, schneller als 8 bis 9 engl. Meilen in der Stunde fahren zu wollen. Im März 1825 kam das Projekt der Liverpool-Manchester-Eisenbahn vor dem Komitee des Parlamentes zur Verhandlung. Die Opposition war eine grofse und vorzüglich vertreten. George Stephenson mufste seine Sache verfechten, dem Sturm von Beschuldigungen, Übertreibungen, Verdrehungen, Hohn und Spott standhalten. Er that es — drei Tage lang — männlich und fest, getragen von seiner unerschütterlichen Überzeugung. Aber das Interesse der Reichen und die öffentliche Meinung, namentlich die der Fachgenossen, war gegen ihn, und so erlebte er den bitteren Schmerz, dafs der Antrag durchfiel. Es dauerte aber nur kurze Zeit, bis ein Umschwung in der öffentlichen Meinung eintrat. Die Eisenbahngesellschaft liefs eine neue Linie vermessen, welche die Besitzungen der einflufsreichsten Gegner umging und mehrere andere Einwände der Opposition gegen die frühere Linie berücksichtigte und reichte von neuem ein Konzessionsgesuch ein. Diesmal ging es sowohl im Komitee als im Plenum mit grofser Majorität durch. Erwähnenswert ist nur noch ein neuer Einwand der Gegner des Projektes. Lord Stanley, der das Elend, welches über das unglückliche Land, durch welches die Eisenbahn ihren Lauf nehmen würde, hereinbrechen müfste, in den schwärzesten Farben schilderte, behauptete auch, die Eisenbahn würde soviel Eisen nötig haben, dafs der Preis um mehr als 100 Proz. steigen müfste, dafs die Eisenindustrie gar nicht im stande sein würde, soviel Eisen zu erzeugen, und eine vollständige Erschöpfung an Eisen eintreten müfste!

George Stephenson übernahm den Bau. Die Ausführung desselben ist eine der wichtigsten und glänzendsten Seiten in der Ge-

Digitized by Google

schichte der Ingenieurwissenschaft. Wir können nur kurz einige Thatsachen erwähnen. Die gröfste Schwierigkeit, die von den Gegnern bei den Verhandlungen im Parlament stets als unüberwindlich bezeichnet worden war, bestand in der Überschreitung eines grofsen, zum Teil sumpfigen Torfmoors, Chat Moss genannt. Stephensons Geduld und Energie überwand dieselbe glänzend. Die zweite Riesenarbeit war ein langer Tunnel unter der Stadt Liverpool in Länge von 2200 Ellen (Yards), wobei alle Arten von Schwierigkeiten, welche sich dem Tunnelbau entgegenstellten, zu überwinden waren. Alle diese schwierigen Arbeiten waren neu und kamen zum erstenmal zur Ausführung. Ferner waren tiefe Einschnitte zu machen, wie der am Olivenberg, der 2 engl. Meilen lang und an mehreren Stellen 80 Fufs tief war. Es mufsten nicht weniger als 63 Brücken von verschiedener Gröfse gebaut werden. Die meisten wurden von Eisen, das sich am besten den verschiedenen Mafsen der Durchlässe anpassen liefs, hergestellt. Das grofsartigste Steinbauwerk war der Sankey-Viadukt, welcher aus neun Bogen von 50 Fufs Spannweite hergestellt wurde. Alle diese Arbeiten ersann und entwarf George Stephenson und leitete deren Ausführung. Die Schienenlieferung übertrug er in Abteilungen folgenden Werken: Bradley-Eisenwerk, Forster & Co. bei Stourbridge in Staffordshire, Pen-y-darran in Süd-Wales und Bedlington-Works bei Morpeth in Durham. Gleichzeitig kämpfte Stephenson unablässig für den Lokomotivbetrieb, von dem die meisten Direktoren und Teilhaber nichts wissen wollten. Manche waren für Pferde, viele für stationäre Dampfmaschinen, die wenigsten für Lokomotiven.

Das Vorurteil gegen letztere hatte durch die Verhandlungen im Parlament eher noch zugenommen. Aber Stephenson bestand so entschieden darauf, dafs wenigstens ein Versuch mit der Lokomotive gemacht werden möge, dafs er endlich den Auftrag erhielt, eine zu bauen für die eigenen Zwecke der Gesellschaft und unter der Bedingung, dafs sie keinerlei Belästigungen für das Publikum herbeiführen dürfe. Die Maschine wurde fertiggestellt und bewährte sich trefflich für den Materialientransport auf der Strecke während des Baues. Die Frage wegen des Betriebes blieb aber noch ganz unentschieden. Die Direktoren wurden mit Projekten überlaufen. Unter anderem schlug Thomas Gray eine geölte Zahnradbahn vor, Vignolles und Ericson empfahlen eine erhöhte Friktionsschiene, gegen welche horizontale Rollen laufen sollten u. s. w. Stephenson blieb nach wie vor bei glatten Schienen und Lokomotiven. Sachverständige Gutachten wurden eingezogen, welche sich für stationäre Maschinen

Digitized by Google

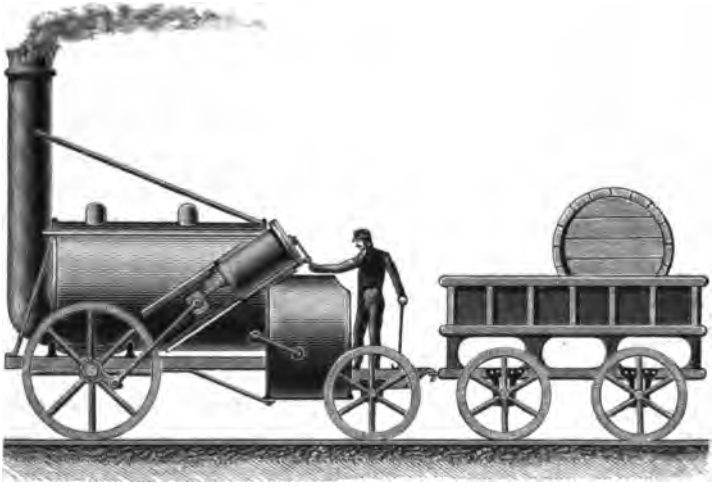
aussprachen. Die Uneinigkeit der Direktoren war gröfser wie je und ein Ende des Streites nicht abzusehen. Da kam einer derselben, namens Harrison, auf den Gedanken, ein Preisausschreiben für 500 £ zu erlassen für die beste Lokomotive, welche gewisse festgesetzte Bedingungen erfüllte. Dieser Vorschlag wurde angenommen, und nun kam die Sache in Flufs. An diesem Wettbewerb, der so recht nach dem Geschmack der Engländer war, nahm auch sofort das Publikum das lebhafteste Interesse. George Stephenson hatte die Leitung der Lokomotivbauanstalt in Newcastle seinem Sohn Robert übertragen. Jetzt galt es, eine Maschine zu bauen, die nicht nur den hochgestellten Anforderungen genügte, sondern das Bestmögliche leistete. Vater und Sohn arbeiteten mit gleichem Eifer an dieser Aufgabe, der Vater mit seinem erfahrenen Rat, der Sohn mit der gröfsten Sorgfalt, beide mit erfinderischem Blick. Die wichtigste Verbesserung, welche sie an der weltbekannten Maschine, welche „the Rocket" getauft wurde, vornahmen, war die Anwendung eines Röhrenkessels. Ein System dünner Kupferröhren, welche mit der Feuerbüchse verbunden und in die beiden Kesselböden eingeschraubt waren, wurde in Anwendung gebracht und damit der eigentliche Lokomotivkessel erfunden. Die Feuergase strichen durch die Röhren, welche eine aufserordentlich grofse Heizfläche darboten. Den Plan für einen solchen Kessel hatten Seguin, ein Ingenieur der Gesellschaft, und Henry Booth, der Sekretär derselben, gleichzeitig gefafst; die Ausführung mit allen den zahlreichen schwierigen Einzelheiten, worunter wir nur die Verdichtung der 25 Kupferröhren in den Kesselböden nennen wollen, war das Verdienst Robert Stephensons. Zur Erzeugung des nötigen starken Luftzuges wurde Stephensons Dampfzug in Anwendung gebracht in der Weise, dafs die Ausströmungsöffnungen der Dampfröhren in den Schornstein verengt wurden, wodurch eine stärkere Ausströmungsgeschwindigkeit und ein stärkerer Zug entstand, der vollständig ausreichte, eine genügende Menge Dampf im Kessel zu erzeugen. Die beiden Dampfcylinder waren in schiefer Stellung an den Seiten des Dampfkessels, wie es die Abbildung der Lokomotive „Rocket", Fig. 101, zeigt. Die Maschine mit ihrer Wasserfüllung wog nur $4^1/_2$ Tonnen und lief auf vier nicht gekuppelten Rädern.

Der Tag der öffentlichen Prüfung nahte heran, es war der 6. Oktober 1829. Vier Lokomotiven erschienen auf dem Plan bei Rainhill: 1. Braithwaites und Ericsons „Novelty", 2. Timothy Hackworths „Sanspareil", 3. R. Stephenson & Co.s „Rocket", und 4. Burstalls „Perseverance". Tausende von Neugierigen hatten sich versammelt,

Digitized by Google

wie bei einem grofsen Rennen. Die Bahn bildete eine horizontale Strecke von etwa zwei englischen Meilen Länge; dieselbe sollte so oft durchlaufen werden, als einer Reise von 70 englischen Meilen entsprach und zwar mit einer Geschwindigkeit nicht unter 10 englischen Meilen in der Stunde. „Rocket“ erschien zuerst auf dem Plan, und obgleich nicht die erste auf der Liste, machte sie die erste Probefahrt. „Rocket“ war durchaus nicht der Liebling. Die meisten Wetten wurden auf „Novelty“ gemacht, und $^9/_{10}$ aller Wetten waren gegen „Rocket“. Aber als die anderen Maschinen zur Wettfahrt erschienen, zeigte sich erst die aufserordentliche Überlegenheit der „Rocket“. Während keine der anderen im stande war, nur die vorgeschriebenen Bedingungen zu erfüllen, that dies „Rocket“ spielend und übertraf

Fig. 101.



durch ihre Leistungen die kühnsten Erwartungen. Zum Schlufs machte sie ohne Anhang eine Fahrt mit einer Geschwindigkeit von 35 Meilen in der Stunde. „Rockets“ Sieg war nicht blofs ein Triumph über ihre Mitbewerber, es war der glänzende Sieg der Lokomotive überhaupt. Mit diesem Siege war das Schicksal des modernen Transportwesens entschieden; davon war ein jeder durchdrungen, der die Leistungen der „Rocket“ gesehen hatte. Es herrschte eine gehobene Stimmung unter den Anwesenden, das Gefühl, einen überraschenden Blick in die Zukunft gethan zu haben. Die Aktien der Gesellschaft stiegen sofort um 10 Proz. Die Direktoren waren entzückt, alle ihre Zweifel waren geschwunden; die, welche vorher die hartnäckigsten Gegner Stephensons und seiner Lokomotive gewesen waren, wurden jetzt seine gröfsten Bewunderer und Verehrer.

Digitized by Google

Die Liverpool-Manchester-Eisenbahn wurde nun rasch fertiggestellt. Am 14. Juni 1830 konnte zum erstenmal die ganze Strecke befahren werden. Bei der Rückfahrt fuhr der Zug mit der neuen Maschine „Arrow“ mit 27 engl. Meilen in der Stunde und durchfuhr die Linie in $1^1/_2$ Stunden. Die feierliche Eröffnung fand unter ungeheurem Menschenandrang und in Gegenwart des Herzogs von Wellington, der damals Premierminister war, Sir Robert Peels und anderer hervorragender Persönlichkeiten statt. Acht Lokomotiven aus Stephensons Werkstatt standen in Dampf und beförderten in verschiedenen Zügen etwa 600 Festgäste. Es herrschte allgemeiner Jubel, der aber leider sehr gedämpft wurde durch den traurigen Unfall, dafs Huskisson, Parlamentsmitglied für Liverpool, vor den Augen des Herzogs von Wellington und der übrigen hohen Gäste überfahren wurde.

Ein neuer Abschnitt der Kulturgeschichte begann mit der Eröffnung der Manchester-Liverpooler-Bahn. Wie sehr diese neue Erfindung der Eisenbahnen mit Dampflokomotiven alle Verhältnisse umgestaltet hat, wie sie die Lebensgewohnheiten verändert, die Menschen sich näher gebracht, einen internationalen Verkehr, von dem man vordem keine Ahnung hatte, hervorgerufen hat, das ist zu bekannt, um weiterer Ausführung zu bedürfen. Am unmittelbarsten waren ihre Wirkungen auf Handel und Industrie, vor allem aber auf die Eisenindustrie.

Aus Eisen war sie erzeugt! Von Eisen waren die Schienen, auf denen sie lief, von Eisen die Maschine, welche die Züge bewegte, von Eisen Kessel und Feuerung, welche den Dampf erzeugten. Nur dadurch, dafs die Eisenindustrie bereits alle erforderlichen Eisensorten in ausreichenden Mengen zu liefern vermochte, dafs das Eisen so massenhaft und so billig produziert wurde, war es möglich geworden, Eisenbahnen zu bauen. Nicht die Erfindung allein konnte die Eisenbahnen schaffen, die Eisenindustrie mufste so weit vorgeschritten sein, wie es der Fall war, um die Verwertung einer solchen Erfindung zu ermöglichen. Hätte Stephenson dieselben Erfindungen 100 Jahre früher gemacht, so wären sie ohne alle Folgen geblieben, weil die Eisenindustrie nicht im stande war, Eisen genug zu liefern, um Eisenbahnen zu bauen.

Eine neue Zeit des Eisenhüttenwesens begann mit der Einführung der Eisenbahnen. Der Absatz, den die Eisenindustrie durch die Eisenbahnen, die jetzt in rascher Aufeinanderfolge entstanden, nicht nur in England, sondern ebenso auf dem Kontinent und in Amerika

Digitized by Google

fand, führte zu einer enormen Steigerung der Produktion, welche Massenbetriebe erzeugte, von denen man früher keine Ahnung gehabt hatte. So ist das beschriebene Ereignis und das Jahr 1830 zugleich ein wichtiger Wendepunkt in der Geschichte der Eisenindustrie.

Eiserne Brücken bis 1830.

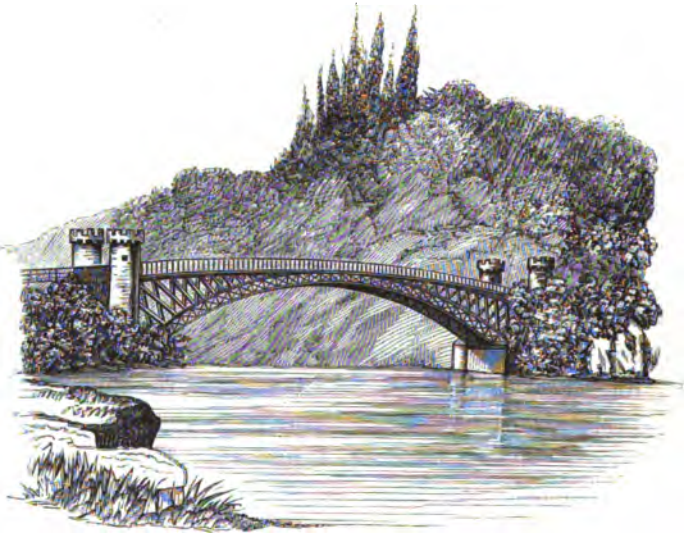
Wir haben oben mitgeteilt, dafs man die früheren gufseisernen Schienen durch gewalzte schmiedeeiserne Schienen ersetzte. Dies war durchaus nicht das einzige Gebiet, auf dem das Gufseisen durch das Schmiedeeisen verdrängt wurde. Dasselbe vollzog sich in dieser Periode bei dem Brückenbau. Auch bei diesem hatte man bis dahin fast ausschliefslich Gufseisen angewendet, teils seiner gröfseren Billigkeit wegen, teils weil es sich leicht in jede Form bringen liefs. Als Grundform hatte man den Bogen festgehalten, wie bei den steinernen Brücken. Durch die Puddel- und Walzwerke wurde aber das Schmiedeeisen billiger und in viel gröfseren Mengen geliefert, und die Brückenbauer, an deren Spitze Rennie und Telford standen, fingen an, ernstlich die Frage zu prüfen, welche von den beiden Eisensorten für Bauzwecke, namentlich für den Brückenbau, den Vorzug verdiene. Wir haben von den gründlichen Versuchen über die Festigkeit des Eisens bereits berichtet. Diese trugen wesentlich dazu bei, die Überlegenheit des Schmiedeeisens für alle Zwecke, bei denen die absolute Festigkeit vorzugsweise in Betracht kam, zu beweisen. Dennoch vollzog sich dieser Umschwung nicht so rasch. Man kannte das Schmiedeeisen kaum in anderer Gestalt als von viereckigem und rundem Querschnitt. Dieses eignete sich wenig zu Brückenkonstruktionen, wie sie seither angewendet worden waren. Unzweifelhaft liefs sich auch mit Gufseisen leichter eine ästhetische Wirkung hervorbringen. Dies war ein wichtiger Grund der Vorliebe der Brückenbauer für dieses Material.

Thomas Telford hatte in den früheren Jahren ebenfalls alle seine Brücken in Gufseisen konstruiert. So hatte er 1795 die Buildwashbrücke über den Severn zwischen Shrewsbury und Bridgenorth erbaut und zwar nach dem Muster der Coalbrookdalebrücke. Sie hatte einen einzigen Bogen von 130 Fufs Spannung. Um dieselbe Zeit wendete er Gufseisen bei seinen grofsen Aquädukten an, und die zahlreichen Strafsenbrücken, welche Telford baute, machte er damals stets aus diesem Material.

Digitized by Google

Telford behandelte dabei das Gufseisen gerade wie unsere Ingenieure das Schmiedeeisen und scheute vor den kühnsten Konstruktionen nicht zurück. Als es sich 1801 als Notwendigkeit herausstellte, die alte London-bridge abzureifsen und eine neue Brücke an ihrer Stelle zu errichten, arbeitete Telford den Entwurf einer gufseisernen Brücke aus, welche in einem Bogen von 600 Fufs Spannweite die ganze Breite der Themse überspannen sollte: ein Entwurf, der an Schönheit alle anderen Brücken Londons übertroffen haben würde. Seiner Berechnung nach würde die Brücke 6500 Tonnen Eisen und einen Kostenaufwand von 262289 £ erfordert haben. Das Projekt wurde abgelehnt, nicht der Konstruktion wegen, sondern wegen der

Fig. 102.



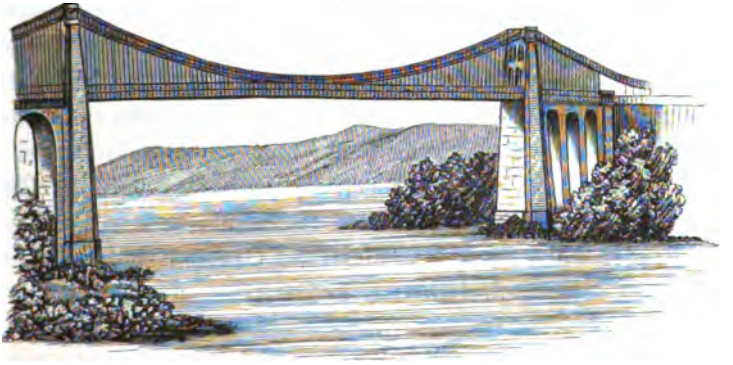
hohen Lage des Fahrdammes, der sehr kostspielige Zufuhrstrafsen nötig gemacht hätte. 1809 baute Telford die schöne, elegante Brücke, Fig. 102, über den Spey bei Craig-Ellachie in den schottischen Hochlanden von Gufseisen. Der berühmte Ingenieur hatte in Schottland innerhalb 18 Jahren 926 englische Meilen Strafsen und 1200 Brücken ausgeführt. Auch für den wichtigen Übergang über den Menai, den Meeresarm, der die Insel Anglesea von Wales scheidet, schlug Rennie 1810 zuerst eine gufseiserne Brücke von drei Bogen von je 260 Fufs Spannung, oder an der engsten Stelle bei Yns-y-moch eine Brücke mit einem einzigen gufseisernen Bogen von 500 Fufs Spannweite vor.

Immer gröfsere Ansprüche wurden an die Brückenbauer gestellt. Als Telford den Auftrag erhielt, eine Brücke über den Mersey, ober-

Digitized by Google

halb Liverpool, wo die Strombreite 1200 Fuſs betrug, zu entwerfen, sah er sich nach anderen Hülfsmitteln um und adoptierte das in Amerika bereits eingebürgerte System der Hängebrücken. In Verbindung hiermit begann er 1814 seine ausführlichen Versuche über die Festigkeit des Schmiedeeisens. Er konstruierte eine groſsartige Hängebrücke, welche aber, weil die Geldmittel zur Ausführung fehlten, nicht zu stande kam. Dagegen entwarf er 1818 das Projekt für die Hängebrücke über den Menai, an derselben Stelle, wo er früher eine guſseiserne Brücke projektiert hatte. Der Fahrdamm derselben lag 100 Fuſs über der höchsten Springflut. Der Abstand zwischen den Hängetürmen war 550 Fuſs, die Höhe derselben 53 Fuſs über der Fahrbahn. 16 Ketten mit 37 Fuſs Einschlag sollten die Brücke tragen. Jede Kette war aus 36 Stangen von $^1/_2$zölligem Quadrateisen zusammengesetzt. Auf jeder Seite befanden sich sechs solcher Ketten

Fig. 103.



von 4 Zoll Dicke. 1819 wurde vom Parlament die Konzession erteilt. Das gesamte Eisenwerk wurde auf dem Upton-Eisenwerk in Shropshire gewalzt und geschmiedet. Die Enden der Ketten wurden so fest und sicher im Boden verankert, daſs sie sich unmöglich lösen konnten; hier kam also ausschlieſslich die absolute Festigkeit des Eisens der Ketten in Betracht. Im April 1825 konnte die erste Tragkette in die Höhe gezogen werden und am 30. Januar des folgenden Jahres wurde das kühne Bauwerk, welches in Fig. 103 dargestellt ist, dem Verkehr übergeben. Das Eisengewicht der Brücke betrug 2187 Tonnen in 33 265 Stücken. Die ganze Länge der Brücke betrug 1710 Fuſs; die gesamten Kosten beliefen sich auf 120 000 £. Telfords schmiedeeiserne Brücke über den Menai ist eins der groſsen Denkzeichen in der Geschichte der Baukunst.

Auch im Hochbau fand das Schmiedeeisen mehr und mehr Ver-

Digitized by Google

wendung. Als ein glänzendes Beispiel hierfür aus Deutschland darf die Erbauung der schmiedeeisernen Kuppel über dem östlichen Turm des Mainzer Domes im Jahre 1828 angeführt werden. Für die Verwendung des Stahles im Bauwesen war es ein geschichtliches Ereignis, dafs Mitis bei dem Bau des Karlssteges über die Donau im Jahre 1828 Stahl anstatt Schmiedeeisen verwendete.

Erfindung der Winderhitzung beim Hochofenbetriebe 1829.

Durch solche Unternehmungen steigerte sich der Eisenverbrauch in einer fast Besorgnis erregenden Weise. Um so zeitgemäfser und willkommener war eine Erfindung, die, ohne neue Schmelzöfen zu erfordern, die Roheisenproduktion verdoppelte. Es war dies die Anwendung der erhitzten Gebläseluft.

Die Einführung des heifsen Windes war die wichtigste Verbesserung des Hochofenbetriebes seit seinem Bestehen, eine Erfindung, die auf das ganze Eisenhüttenwesen einen grofsen Einfluſs geübt hat. Das Verdienst dieser Erfindung gebührt James Beaumont Neilson[1]).

Dieser war am 22. Juni 1792 als der Sohn eines Arbeiters in der Nähe von Glasgow geboren. Sein Vater war Maschinist bei einem Kohlenbergwerk, und Beaumont, der früh mechanisches Geschick zeigte, trat, nachdem er im 14. Jahre die Schule verlassen, bei seinem älteren Bruder John, der Maschinist zu Oakbank bei Glasgow war, in die Lehre. Nach dreijähriger Lehrzeit arbeitete er noch einige Zeit im Tagelohn bei seinem Bruder, bis er 1814 selbst Maschinist bei einem William Taylor wurde. Dieser fallierte aber im Jahre 1816, Neilson verlor seine Stelle und würde in bittere Not geraten sein, wenn seine junge Frau, die er ein Jahr zuvor geheiratet hatte, nicht eine kleine Mitgift mit in das Haus gebracht hätte. So konnte er zuwarten, bis er im Jahre 1817 eine Aufseherstelle in der neu errichteten ersten Gasfabrik in Glasgow erhielt. Neilson hatte zwar nie zuvor Gaslicht gesehen, aber er war ein offener Kopf und

[1]) Der Admiralitäts-Physikus Seddler hatte bereits gegen Ende des 18. Jahrhunderts bei Versuchen mit dem Lötrohr wahrgenommen, dafs die Wirkung des erwärmten Sauerstoffgases viel stärker war als die des kalten, und ist diese Notiz in Nicholsons Journal of physic. sciences von 1799 mitgeteilt. J. F. Leuchs schlug in seinem Handbuch für Fabrikanten, Bd. 8, S. 388 (Nürnberg 1822) vor, bei Schmelzöfen unter dem Herde und in der Wand des Ofens oder im Rauchfange Röhren einzulegen, in diesen die Gebläseluft zu erwärmen, zugleich Wasserdämpfe zu erzeugen und beides in Verbindung dem Feuer zuzuführen. Beide Notizen haben auf Neilsons Erfindung keinen Einfluſs geübt und sind mehr als Curiosa bemerkenswert.

Digitized by Google

voller Lernbegierde, mit einer ausgesprochenen Liebhaberei für Chemie, so dafs er gerade in dieser Stellung am richtigen Platze war. Er war auf fünf Jahre mit einem Jahresgehalt von 90 £ angestellt, aber ehe die Frist um war, beförderte ihn die Gesellschaft zum leitenden Ingenieur mit 200 £ jährlichem Gehalt, der nach und nach auf 400 £ erhöht wurde. In dieser Stellung verblieb Neilson bis 1847.

Diese Stelle gab ihm Gelegenheit, seine mangelhafte Schulbildung zu ergänzen. Er hörte Vorlesungen auf der Universität zu Glasgow und warf sich besonders auf das Studium der praktischen Chemie, Naturgeschichte und Mathematik. Neilson trug viel zur Verbesserung der Gasfabrikation bei; er wendete zuerst Thonretorten an, führte die Selbstreinigung des Gases mit Eisenvitriol und die Abscheidung von Teer und Öl durch Hindurchleiten durch Holzkohle ein; endlich erfand er den Schwalbenschwanzbrenner.

Durchdrungen von dem Wert des Wissens und aus eigener Erfahrung mit der Mangelhaftigkeit des Elementarunterrichtes in England bekannt, gründete er 1821 in Glasgow eine Arbeiterbildungsanstalt (Workmens Institution) zu gegenseitiger Belehrung. Anfangs stiefs er auf grofsen Widerstand seitens der Arbeiter. Nachdem aber erst einmal der Gedanke, dafs das Lernen etwas Nützliches sei, Boden gewonnen hatte, fand sich zunächst eine Schar von 14 Arbeitern, welche sich dem Unternehmen anschlossen. Neilson, d. h. die Gasgesellschaft, stellte ein behagliches Zimmer zur Verfügung, welches als Lehr- und Versammlungszimmer diente. Die Arbeiter durften Bücher mit nach Hause nehmen, und bei den Zusammenkünften wurde das Gelesene besprochen und gelegentlich gemeinverständliche Vorträge über Gegenstände der Naturwissenschaft, Mechanik u. s. w. gehalten. Bald wuchs die Zahl der Teilnehmer so sehr, dafs der alte Raum nicht mehr ausreichte. Wieder war es die Gasgesellschaft, welche 1825 gröfsere Räumlichkeiten mit chemischem Laboratorium und mechanischer Werkstätte zur Verfügung stellte. Durch Neilsons unablässige Bemühungen gelangte das Institut zu immer gröfserer Blüte. Es wurde eine grofse Wohlthat für die Arbeiterbevölkerung Glasgows und das Vorbild für andere ähnliche Einrichtungen. 1824 wurde nach seinem Muster das zweite Workmen Institution in England in der Stadt London errichtet.

Neilson machte viele Versuche über die Verbrennung, und diese führten ihn zu der Erfindung der Winderhitzung. Schon vor dem Jahre 1825 war seine Aufmerksamkeit auf das Schmelzen des Eisens gelenkt worden. Ein Hüttenbesitzer hatte ihm die Frage vorgelegt,

Digitized by Google

ob man die Schmelzung des Eisens nicht verbessern könne, wenn man die Luft vor ihrer Einführung in den Hochofen reinige, ähnlich wie man Gas reinige. Es war damals noch ein verbreiteter Aberglaube unter den Eisenhüttenleuten, dafs Schwefel in der Luft die Schmelzung des Eisens im Sommer ungünstig beeinflusse. Neilson wufste zwar, dafs dies nicht der Fall war, aber da er annahm, dafs die geringere Wirkung der Gebläseluft im Sommer von ihrem höheren Feuchtigkeitsgehalt abhing, so schlug er vor, den Gebläsewind vor der Einführung in den Hochofen dadurch zu trocknen, dafs er ihn durch zwei lange Kammern, welche gebrannten Kalk enthielten, leitete. 1825 hielt er in der Philosophischen Gesellschaft zu Glasgow einen Vortrag über seine Ansichten vom Eisenschmelzprozefs. Bald darauf wurde er darum angegangen, Vorschläge zu machen, um den schlechten Gang eines Hochofens zu Muikirk zu verbessern. Der Grund des schlechten Ofenganges war der, dafs die Gebläsemaschine etwa eine halbe engl. Meile von dem Hochofen entfernt lag; infolgedessen gelangte der Wind mit sehr verminderter Geschwindigkeit zu dem Ofen. Damals kam Neilson der Gedanke, die Luft vor ihrem Eintritt in den Hochofen durch Erhitzen zu expandieren und dadurch ihre Wirkung zu verstärken. Er machte Versuche im kleinen und fand, dafs die Verbrennung von Gas wesentlich verstärkt würde, wenn man die Verbrennungsluft in erwärmtem Zustande zuführte. Als er dasselbe Experiment bei einem Schmiedefeuer wiederholte, trat diese Wirkung noch viel auffallender zu Tage.

Neilsons Vorschlag, die Gebläseluft beim Hochofen zu erwärmen, begegnete dem gröfsten Unglauben seitens der Hüttenleute, die kaum zu bewegen waren, auch nur einen Versuch zu gestatten. Stand doch dieser Vorschlag in direktem Widerspruch mit der Erfahrung und der Praxis. Es war eine altbekannte Sache, dafs der Hochofen um so besser ging, je kälter die Witterung war; das zeigte sich jahraus, jahrein bei dem Wechsel der Jahreszeiten, indem die Hochöfen im Winter stets besser gingen als im Sommer. Hieraus hatte sich die Praxis ausgebildet, den Wind so kalt wie möglich dem Ofen zuzuführen. Man strich den Windregulator weifs an, weil die weifse Farbe kühler halten sollte, man leitete die Luft, welche die Gebläsemaschine saugte, erst über kaltes Wasser, um sie zu kühlen, ja man umgab zuweilen die Windleitungsrohre mit Eis, und nun kam ein Gasdirektor, der nach der Meinung der Fachleute keine Ahnung vom Hochofenbetrieb hatte, und schlug gerade das Gegenteil vor! Es schien offenbarer Unsinn. — Mit vieler Mühe gelang es Neilson, die

Digitized by Google

Herren Charles Macintosh von Crofsbasket und Colin Dunlop von den Clyde-Eisenwerken zu bewegen, ihm einen Versuch zu gestatten. Bei seinem ersten Experimente erhitzte er die Gebläseluft nur auf etwa 30° Celsius, dennoch wurden die Schlacken merklich flüssiger und reiner. Seinem Wunsche, entscheidendere Versuche bei höheren Windtemperaturen vorzunehmen, legten die Hüttenbesitzer grofse Schwierigkeiten in den Weg. Da sie an den Erfolg nicht glaubten, so wollten sie weder an ihren Öfen noch an ihren Windleitungen etwas geändert haben. Nicht einmal das Einlegen eines Krümmers in die Windleitung wurde ihm zugestanden. So vergingen mehrere Jahre, bis er nur im stande war, einen entscheidenden Versuch auf den Clyde-Eisenwerken auszuführen, dessen günstiger Erfolg augenfällig war. 1828 erhielt Neilson ein Patent (Nr. 5701) für die verbesserte Anwendung der Luft zur Erzeugung von Hitze in Feuern, Schmieden und Öfen, bei denen Bälge und Blasemaschinen angewendet wurden. Die Patentbeschreibung[1]) besagt:

„Der Wind oder Luftstrom mufs durch Bälge oder andere Gebläse auf gewöhnliche Weise erzeugt werden, und darauf soll sich das Patent nicht beziehen. Der Windstrom wird in einem Behälter (air vessel oder receptacle), welcher hinreichend stark ist, um die Pressung zu ertragen, und von dort mit Hülfe einer Röhre, Düse oder Öffnung in das Feuer, den Herd oder Ofen geleitet. Der Behälter mufs bis auf die Öffnungen für Ein- und Auslafs des Windes ganz oder doch beinahe luftdicht sein und wird während der Wirkung des Gebläses künstlich zu einer beträchtlichen Temperatur erhitzt. Es ist besser, dafs die Temperatur beinahe oder ganz Rotglut erreiche, indessen ist eine so hohe Temperatur nicht absolut notwendig für einen guten Effekt. Der Behälter kann zweckmäfsig aus Eisen angefertigt werden, indessen hängt nichts von der Art des Materials ab, man kann auch andere Metalle oder sonstige Stoffe benutzen. Die Gröfse des Reservoirs hängt ab von der Menge des erforderlichen Windes und der Temperatur, welche erreicht werden soll. Während für ein gewöhnliches Schmiedefeuer ein Behälter von 1200 Kubikzoll genügt, sind 10000 Kubikzoll eine passende Gröfse für einen Kupolofen gewöhnlichen Umfangs zur Eisengiefserei. Für Feuer, Herde und Öfen gröfserer Art, wie Hochöfen zur Eisenerzeugung, grofse Eisenschmelz-Kupolöfen, müssen verhältnismäfsig gröfsere und zahlreichere Behälter angewendet werden. Die Form des Behälters ist gleichgültig für

[1]) Siehe H. Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde 1868, II, S. 75.

Digitized by Google

die Wirksamkeit und kann sich nach lokalen Umständen richten. Im allgemeinen muſs der Windbehälter von einer Feuerung erhitzt werden, welche unabhängig von der durch den Luftstrom gespeisten Feuerung ist; auch ist es im allgemeinen besser, daſs der Behälter mit seiner Feuerung in Mauerwerk eingeschlossen sei, durch welches die Windleitungsröhren gehen. Übrigens aber ist die Art der Erhitzung des Windbehälters unwesentlich für den Effekt, wenn nur die richtige Temperatur erreicht wird."

Neilsons Patent beschränkte sich nicht auf einen besonderen Apparat, sondern umfaſste das Princip der Erhitzung des Windes zwischen Gebläsemaschine und Ofen. Diese allgemeine Fassung kam Neilson später sehr zu statten. Da Neilson nicht die Mittel besaſs, sein Patent auszubeuten, so verband er sich mit den oben genannten Herren Macintosh und Dunlop, sowie mit John Wilson von Dundyvan, indem er für sich selbst nur $^3/_{10}$ des Gewinns beanspruchte. Um die Einführung der Erfindung nicht zu erschweren, verlangten die Patentinhaber nur 1 sh für die Tonne von allem Roheisen, welches nach ihrem Patent dargestellt werden würde.

Die erste Anwendung von Neilsons Erfindung wurde auf den Clyde-Eisenwerken gemacht, und diese bewies sofort den groſsen und in der That unerwarteten Nutzen des Verfahrens. Von der ungeheuren Tragweite der Erfindung hatte aber der Erfinder damals selbst noch keine Ahnung. Aus der Fassung der Patentschrift geht hervor, daſs er zunächst nur an die Anwendung bei Schmiedefeuern und Kupolöfen glaubte, während sich sehr bald der gröſste Nutzen bei den Hochöfen herausstellte.

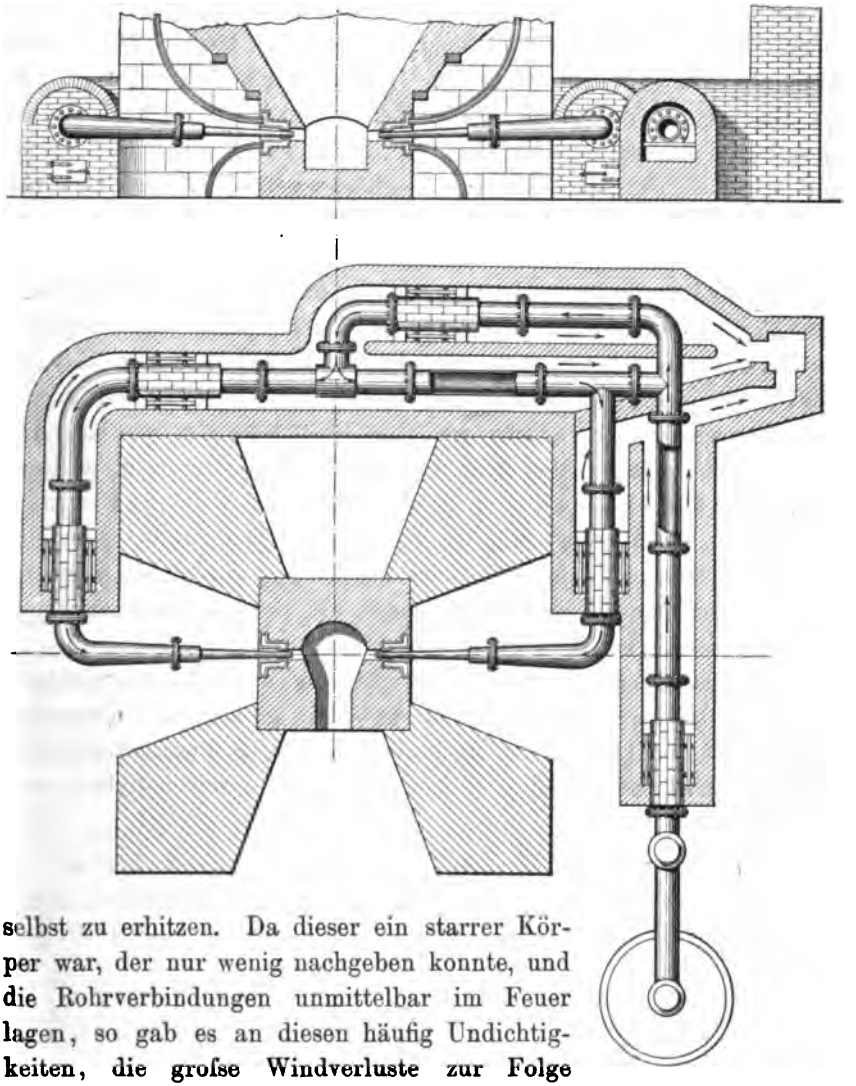
Der Hochofen der Clydehütte, welcher in der ersten Hälfte des Jahres 1829 noch mit kaltem Winde betrieben wurde, verbrauchte auf 1 Tonne Roheisen 8 Tonnen $1^1/_4$ Ctr. Koks. Dagegen brauchte derselbe Hochofen in den ersten 6 Monaten des Jahres 1830 mit auf 300° F. = 149° C. erhitztem Wind nur 5 Tonnen $3^1/_4$ Ctr. Koks. Bringt man die 8 Ctr. Kohlen, welche zur Erhitzung des Windes verbraucht wurden, in Abzug, so stellte sich die Ersparnis auf die Tonne auf $2^1/_2$ Tonnen Koks oder 50 Ctr. auf 20 Ctr. Eisen.

Der Nutzen war also beträchtlich, obgleich er noch gering war gegen den, der später mit besseren Vorrichtungen unter günstigeren Bedingungen erzielt wurde. Daſs nicht gleich ein noch gröſserer Nutzen erzielt wurde, hatte seinen Grund in den unvollkommenen Winderhitzungsapparaten. Wir haben oben erwähnt, daſs die Hüttenbesitzer nichts an ihrer Windleitung geändert haben wollten und

Digitized by Google

nur mit Mühe sich dazu herbeiliefsen, einen Krümmer oder einen Kasten einzuschalten. Neilson war also gezwungen, den Rohrstrang

Fig. 104.



selbst zu erhitzen. Da dieser ein starrer Körper war, der nur wenig nachgeben konnte, und die Rohrverbindungen unmittelbar im Feuer lagen, so gab es an diesen häufig Undichtigkeiten, die grofse Windverluste zur Folge hatten. Aus dieser Zwangslage sind die ersten Winderwärmungsanlagen Neilsons entstanden [1]).

Den ersten Winderhitzer fertigte Neilson aus starkem Blech in Gestalt eines Kofferkessels, 4 Fufs lang, 3 Fufs hoch und 2 Fufs breit.

---

[1]) Siehe Percy, Iron and Steel, p. 399; Wedding II, 96.

Digitized by Google

Unter demselben lag die Feuerung, oben lag der Kasten frei. Der Wind trat an der einen Seite dicht über der Feuerung ein und an der entgegengesetzten aus und wurde von hier direkt der Form zugeführt. Jede Form hatte also ihren eigenen Heizkasten, von denen jeder eine Rostfläche von 4 engl. Quadratfuſs hatte. Mit diesem Apparate erzielte Neilson nur eine Hitze von 200° F. (= 93° C.). Da die Blechwände des Heizkastens rasch zerstört wurden, ersetzte er dieselben durch cylindrische Gefäſse von Guſseisen von 6 Fuſs Länge und $2^3/_4$ Fuſs Durchmesser. Die Rostfläche betrug 11 engl. Quadratfuſs, die Heizfläche 55 Quadratfuſs. Mit diesem Apparate wurde eine Temperatur von 280° F. (138° C.) erzielt.

Ein dritter, bedeutend gröſserer Apparat wurde bei dem Hochofen der Clydehütte in Anwendung gebracht. Mit diesem erreichte Neilson eine Temperatur von 600° F. ($315^1/_2$° C.). Fig. 104 (a. v. S.) zeigt diese Anlage[1]). Hierbei war fast der ganze Rohrstrang in Heizkammern gelegt, welche von fünf Rosten geheizt wurden. Die Konstruktion geht aus der Zeichnung klar hervor. Der erhitzte Rohrstrang war 100 engl. Fuſs lang, die Rohre 18 Zoll weit, die Heizfläche betrug 240 Quadratfuſs, die Rostflächen 28 Quadratfuſs. Obgleich diese Apparate noch groſse Mängel hatten, so wurden sie doch mit nur ganz geringen Abänderungen auch auf den Eisenwerken zu la Voulte und zu Vienne in Frankreich eingeführt[2]).

Die groſsartigen Folgen der Einführung des erhitzten Gebläsewindes traten erst in der folgenden Periode in ihrer ganzen Bedeutung hervor. Es genügt, hier zu erwähnen, daſs diese überraschende Erfindung sich alsbald mit auſserordentlicher Geschwindigkeit verbreitet hat.

---

[1]) v. Herder, Erwärmung der Gebläseluft. Atlas, Taf. IV.
[2]) A. a. O., Taf. V und VI.

Digitized by Google

Die Fortschritte der Eisenindustrie in den einzelnen Ländern.

England 1816 bis 1830.

Die Industrie Englands stand in dieser friedlichen Periode in vollster Blüte. Reichtum und Wohlstand des vereinigten Königreiches wuchsen in überraschender Weise. Die Eisenindustrie trug dazu wesentlich bei. England nutzte den Vorsprung, den es durch seine Fortschritte auf diesem Gebiete vor allen anderen Ländern gewonnen hatte, in vollem Maſse aus. Aber es begnügte sich nicht hiermit, sondern suchte unablässig seine Betriebsmittel zu verbessern. Was es hierin im Hochofenbau, in der Verbesserung der Puddelöfen durch Einführung der eisernen Böden und Schlackenherde, im Walzbetrieb durch die Erfindung von Façoneisenwalzen, insbesondere von Schienenwalzen, endlich aber durch die wichtige Erfindung der Winderhitzung geleistet hat, ist im allgemeinen Teil bereits erwähnt worden. Durch die Erfindung der Eisenbahnen wurde der Eisenverbrauch aufserordentlich gesteigert.

Die Statistik giebt das anschaulichste Bild von der grofsartigen Entwickelung der englischen Eisenindustrie.

In Südwales nahm die Verschiffung von Eisen auf dem Glamorganshire-Kanal, auf welchem das Eisen des Distrikts von Merthyr-Tydwill verschifft wurde, in folgender Weise zu:

1817	39497	Tonnen	1824	58053	Tonnen
1818	41611	„	1825	68326	„
1819	42624	„	1826	60077	„
1820	49382	„	1827	84946	„
1821	52465	„	1828	89839	„
1822	52474	„	1829	83876	„
1823	57296	„	1830	81548	„

Noch erstaunlicher war die Zunahme der Eisenindustrie in Monmouthshire. 1802 war das Eisenwerk Bleanavon noch das einzige der

Digitized by Google

Provinz und die Produktion betrug nur 1091,5 Tonnen. 1803 kamen hinzu die Werke von Beaufort, Clytag, Ebbw-Vale und Varteg, und die Produktion stieg auf 8679,18 Tonnen, die aber bereits im folgenden Jahre auf 20474,15 Tonnen anwuchs. 1805 kam das Eisenwerk Tredegar in Betrieb. Von diesem Jahre an betrug die Produktion von fünf zu fünf Jahren:

1805	22431,15	Tonnen
1810	34070,15	„
1815	46207,00	„
1820	45462,60	„
1825	78800,10	„
1830	112674,50	„

1811 war das Eisenwerk Nant-y-glo, 1821 Coalbrook-Dale, 1824 Blaina, 1825 Pentwyn, 1827 Abersychan und 1828 Bute in Betrieb gesetzt worden.

In den verschiedenen eisenerzeugenden Provinzen Grofsbritanniens hatte von 1823 bis 1830 folgende Zunahme der Eisenproduktion stattgefunden[1]):

Provinz	1823		1830	
	Zahl der Hochöfen	Produktion	Zahl der Hochöfen	Produktion
		Tonnen		Tonnen
Shropshire	38	57 923	48	73 418
Yorkshire	26	27 311	27	28 926
Staffordshire	84	133 590	123	212 604
Südwales	72	182 325	113	277 643
Derbyshire	15	14 038	18	17 999
Northumberland und Durham	2	2 379	4	5 327
Summa in England	237	417 566	333	615 917
In Schottland	22	24 500	27	37 500

Hierzu kam noch Nordwales mit 25000 Tonnen, so dafs die ganze Roheisenproduktion von England und Schottland im Jahre 1830 sich auf 678417 Tonnen bezifferte. Dieses Eisen war fast nur mit Steinkohlen erzeugt. 1829 wurde der letzte Holzkohlenhochofen in Sussex zu Ashburnham ausgeblasen, damit endete die einst so grofse Eisenindustrie von Sussex, Kent und Surrey. — Die Eisenindustrie war ganz in die Steinkohlengebiete ausgewandert.

[1]) Siehe Scrivenor, History of the Iron Trade, p. 134.

Digitized by Google

Dufrénoy und Élie de Beaumont gaben für das Jahr 1820 folgende Produktionen an:

Wales	150000	Tonnen
Shropshire und Staffordshire . . .	180000	„
Yorkshire und Derbyshire	50000	„
Schottland	20000	„
Zusammen	400000	Tonnen.

Nach Coste und Perdonnet waren 1825 von 374 Hochöfen 241 in Betrieb und produzierten 581367 Tonnen Roheisen. Staffordshire hatte 108, Derbyshire 19, Yorkshire 34, Schottland 25, Südwales 109, Shropshire 49, Nordwales 14, Cumberland 4, Glocestershire 3, Durham 2, Lancaster 4, Leicestershire 2 und Irland 2 Hochöfen. Staffordshire produzierte 171735, Südwales 223520 und Shropshire 86320 Tonnen, der Rest verteilte sich auf die übrigen Provinzen. Es wurden von 113 Hochöfen 298168 Tonnen Puddelroheisen, entsprechend einer Wochenproduktion von 52 Tonnen, von 79 Hochöfen 150031 Gieſsereiroheisen, entsprechend einer Wochenproduktion von 39 Tonnen und von 40 Hochöfen 78801 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung, entsprechend einer Wochenproduktion von 39 Tonnen, produziert. Auf die rund zu 600000 Tonnen angenommene Gesamtproduktion entfielen

339662 Tonnen auf Puddelroheisen,
170912 „ „ Gieſsereiroheisen,
89426 „ „ Gufswaren.

Der Koksaufwand betrug in Staffordshire, Shropshire und Wales das 4fache, in Yorkshire das $4^1/_2$fache, in Schottland das 7fache des Gewichtes des Roheisens. Die gröfste Roheisenproduktion in diesem Zeitabschnitte weist das Jahr 1828 mit 703138 Tonnen aus 277 Hochöfen auf.

Die Verkokung geschah in Südwales in langen Haufen, in Staffordshire in Meilern, in den übrigen Provinzen meistens in Öfen, den sogenannten Bienenkörben. Im Laufe der 20er Jahre baute man auch auf den neu angelegten Werken in Südwales Verkokungsöfen, so zu Abergavenny, Neath-Abbey und Swansea. Ähnlich verhielt es sich mit dem Rösten der Erze. Die neu erbauten Röstöfen von Dowlais sind oben beschrieben worden.

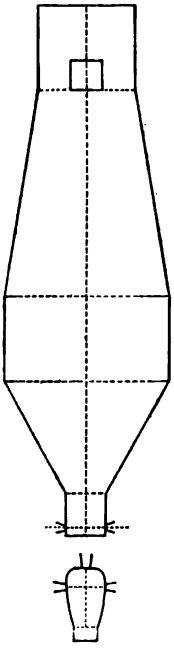
Die Höhe der Hochöfen war ziemlich verschieden. Im allgemeinen waren die Hochöfen von Südwales höher wie die in Staffordshire; erstere hatten 45 bis 50 Fufs (13,775 bis 15,750 m) Höhe bei

Digitized by Google

15 bis 20 Fuſs (4,575 bis 6,100 m) Kohlensackweite, letztere 40 bis 45 Fuſs (12,200 bis 13,725 m) Höhe bei 11 bis 13 Fuſs (3,355 bis 3,915 m) Kohlensackweite.

Die neu erbauten Öfen in Südwales hielten sich an der oberen Grenze und waren meist noch etwas höher. Der Hochofen von Neath-Abbey hatte sogar 62 Fuſs (18,910 m) Höhe, aber nur 11 Fuſs (3,355 m) Kohlensackweite. Die Hochöfen in Yorkshire waren 45 Fuſs (13,725 m), die bei Newcastle 52 Fuſs (15,860 m) hoch.

Fig. 105.



Die groſsartigste Hochofenanlage der Welt war das neu erbaute Hüttenwerk zu Dowlais mit 12 Hochöfen von 52 Fuſs (15,860 m) Höhe und 18 Fuſs (5,490 m) Kohlensackweite. Fig. 105 zeigt das Profil dieser für die damalige Zeit riesigen Öfen; den gröſsten mit dem cylindrischen Schacht haben wir bereits oben Fig. 61 bis 64 abgebildet. Jeder derselben produzierte wöchentlich 90 bis 100 Tonnen Puddelroheisen und erforderte 50 bis 60 Pferdekräfte für sein Gebläse. Bei Gieſsereieisen war die Produktion um $^1/_4$ niedriger. Man stach zweimal in 24 Stunden ab und lieſs das Roheisen in Masseln von 1 bis 2 Ctr. Gewicht laufen. Auf diesem Werke begann man gegen Ende der 20er Jahre zuerst rohe Steinkohle mit Koks gemischt beim Hochofenprozeſs zu verwenden, wobei man für eine Tonne Roheisen 2,80 Tonnen Koks und 1,70 Tonnen Steinkohle verbrauchte.

Die gröſsten Hüttenwerke Groſsbritaniens waren damals (1830)

in Shropshire	Old Park	mit	4	Hochöfen	
in Yorkshire	Low Moor	„	4	„	
in Staffordshire	Bilston	„	4	„	
„	Chillington	„	4	„	
„	Dudley Wood	„	4	„	
„	Gospel Oak	„	4	„	
„	Level	„	4	„	
„	Mill-fields	„	4	„	
„	Parkfield	„	4	„	
in Südwales	Abersychan	„	6	„	(1826 erb.)
„	Aberdare und Abernaut	„	6	„	

Digitized by Google

in Südwales	Bleanavon	mit 5	Hochöfen
„	Beaufort	„ 4	„
„	Cyfartha	„ 9	„
„	Dowlais	„ 12	„
„	Hirwan	„ 4	„
„	Nant-y-glo	„ 7	„
„	Plymouth	„ 5	„
„	Penydarran . . .	„ 5	„
„	Romney and Bute .	„ 6	„
„	Sirhowey and Ebbw-Vale	„ 6	„
„	Tredegar	„ 5	„
„	Varteg-hill	„ 5	„
in Schottland	Carron	„ 5	„
„	Clyde.	„ 4	„
„	Calder	„ 4	„

Die Herstellungskosten von 1 Ctr. Roheisen stellten sich in Dowlais auf 6 Mk., in Pontypool, wo blofs mit Koks geschmolzen wurde, auf 7 Mk. Allerdings waren auch die Erze von Dowlais so reich, dafs 2 Tonnen 5 bis 10 Ctr. Erz 1 Tonne Roheisen gaben, während in Pontypool 3 Tonnen 3 Ctr. dazu nötig waren.

Die Regulatoren mit beweglichem Kolben und die Wasserregulatoren kamen mehr und mehr aufser Gebrauch und wurden durch Trockenregulatoren, welche aus grofsen Blechkesseln bestanden, ersetzt. Dieselben waren meist cylindrisch, an beiden Enden kugelförmig gerundet.

Als Dufrénoy und Élie de Beaumont 1823 England bereisten, wurde in der Regel nur mit zwei Windformen geblasen, selbst bei denjenigen Öfen, die mit drei Formen versehen waren, so dafs sie zu der Annahme kamen, die dritte Form werde überhaupt nur benutzt, wenn der Ofen in Unordnung sei, um ihn wieder in guten Gang zu bringen. Wenige Jahre später, als Coste und Perdonnet England besuchten, gingen dagegen viele Öfen ständig mit drei Formen, und die neuen Öfen, namentlich auch die zu Dowlais, wurden alle mit drei Formen betrieben. Um 1823 beliefen sich die Kosten für den Bau eines Hochofens in Staffordshire auf 1000 £.

Über die Verbesserungen, welche in diesem Zeitraume bei den Feineisenfeuern und den Puddelöfen vorgenommen worden sind, haben wir bereits berichtet.

Digitized by Google

Über Kohlenverbrauch und Abbrand bei dem Puddelprozefs in Südwales haben Coste und Perdonnet folgende Angaben gemacht:
1000 kg Roheisen gaben 864 kg Feinmetall mit 227 kg Steinkohlen
1000 „ Feinmetall „ 880 „ Luppeneisen „ 1050 „ „
1000 „ Luppeneisen „ 900 „ Stabeisen „ 560 „ „
1000 kg Stabeisen erforderten einschliefslich des Verbrauchs beim Erzschmelzen 7956 kg Steinkohlen, also nahezu das achtfache.

Man machte in Staffordshire folgende fünf Sorten nach der Güte: 1. Common iron, 2. Common best, 3. Best iron, 4. Best-best und 5. Horse-nail. In Südwales unterschied man Stabeisen von 1, 2 und 3 Heizen.

Die Selbstkosten einer Tonne Stabeisen zu Dudley beliefen sich auf 6 £ 10 sh. $10^1/_2$ ₰. Das beste englische Schmiedeeisen wurde in Yorkshire auf den Werken Low-Moor und Bowling, aber meist aus schwedischem Roheisen gemacht.

Die besseren Eisensorten wurden durch sorgfältiges Paketieren, Schweifsen und Auswalzen, entsprechend dem früheren Gärben, unter dem Hammer hergestellt. Der Steinkohlenaufwand für Handelseisen betrug das 10fache seines Gewichtes.

Aus diesem Verhältnis ersieht man, wie natürlich es war, dafs die Eisenindustrie sich in den Steinkohlengebieten niederliefs. Die Kosten des Erz- und Eisentransportes waren viel geringer als die des Kohlentransportes. Dazu kam noch in England der besondere Vorteil, dafs die Steinkohlenflötze überall von reichen und ausgedehnten Eisenerzflötzen begleitet waren. Die Kohleneisensteine lieferten die gröfste Menge des englischen Eisens. Von besonderem Interesse war der black-band, ein mit Kohle so reichlich gemengter Eisenstein, dafs er für sich allein brannte, und der mit den Steinkohlenflötzen wechsellagerte. Deshalb war er früher gar nicht als Eisenerz erkannt, sondern als schlechte Steinkohle auf die Halde gestürzt worden. Mushet hatte ihn zuerst entdeckt und im Hochofen der Clydehütte verschmolzen. Es dauerte lange, bis man seinen Wert richtig zu würdigen lernte. In den 20er Jahren fing man an, demselben gröfsere Aufmerksamkeit zu schenken. Aber erst die Erfindung des heifsen Windes beim Hochofenbetrieb wurde entscheidend für seine Verwertung.

Auf einen interessanten Kostenanschlag sämtlicher Maschinen eines Puddel- und Walzwerkes von 120 Tonnen Wochenproduktion, welchen der technische Direktor des Neath-Abbey-Eisenwerkes aufgestellt hat und den Coste und Perdonnet in ihrem Reisebericht mitgeteilt haben, können wir hier nur verweisen.

Digitized by Google

Dieses Wachstum der englischen Eisenindustrie vollzog sich aber unter heftigen handelspolitischen Stürmen. Zwei schwere Handelskrisen hatte England in der Zeit von 1815 bis 1830 durchzumachen. Die erste brach 1815 nach dem Wiener Frieden infolge der Überproduktion der englischen Fabriken, welche die Kaufkraft des Kontinents bedeutend überschätzt hatten, aus; die zweite von 1825 war hauptsächlich durch Aktienschwindel veranlafst. Auch übte die Zollpolitik einen grofsen Einfluſs auf den Eisenhandel aus.

England war bis zu dem Jahre 1825 streng schutzzöllnerisch. Die Einfuhrzölle auf Eisen waren vom Beginn des 19. Jahrhunderts an fortwährend gestiegen und betrugen nahezu 100 Proz. des inländischen Eisenpreises. 1819 erreichten sie die Höhe von 6 £ 10 sh. pro Tonne für Stabeisen, welches auf englischen Schiffen, und 7 £ 18 sh. 6 ₰ für Eisen, welches auf fremden Schiffen eingeführt wurde. Die Einfuhr von fremdem Roheisen war bis 1823 gänzlich verboten. 1822 kostete englisches Roheisen in London 6 bis 7 £, und Shropshire-Stabeisen in Bristol 7 £ 10 sh. die Tonne. Der Bedarf an Eisen nahm von Jahr zu Jahr zu, und trat infolgedessen von 1824 an eine aufserordentliche Preissteigerung ein, die namentlich die Maschinenfabriken, welche einen grofsen Absatz im Auslande hatten, empfindlich traf. Infolgedessen beantragte der Sekretär des Schatzamts Herries, auf Veranlassung des Ministers Huskisson, bei der Vorlage des Budgets im Jahre 1825 eine bedeutende Reduktion der Eisenzölle. Er wollte den Zoll von 6 £ 10 sh. auf 1 £ 10 sh. pro Tonne herabgesetzt haben. Seinen Antrag begründete er in überzeugender Weise aus der Lage des englischen Handels. Die ungeheure Preissteigerung des Eisens bedrücke viele englische Industrieen schwer. Dieselbe sei nicht hervorgerufen durch Spekulation, sondern durch den wachsenden Bedarf. Er werde also von der englischen Industrie bezahlt. Die hohen Eisenpreise, welche diese zu zahlen hätten, kämen nur der ausländischen Konkurrenz zu gut. Es sei ihm bekannt, dafs grofse ausländische Ordres, welche in Sheffield und Birmingham vorgelegen hätten, nicht hätten ausgeführt werden können, weil sie wegen des hohen Eisenzolles nicht zu den Preisen, welche von der ausländischen Konkurrenz gestellt wurden, arbeiten konnten. Es sei keine gesunde Politik, Schutzzölle aufrecht zu erhalten, welche wichtige inländische Industriezweige lahm legten. Selbst die einsichtsvollen Produzenten hielten die jetzigen Zölle für ungesund und dem Lande schädlich. Der Ausfall der Zolleinnahmen für den Staat sei gar nicht in Betracht zu ziehen. Er sei überzeugt, dafs die Herabsetzung der Zölle nach Ablauf eines

Digitized by Google

Jahres sogar eine Erhöhung der Zolleinkünfte bewirken würde. Die Zollermäfsigung sollte aber zugleich gegenüber den fremden Staaten die Handhabe bilden, günstigere Einfuhrzölle für englische Waren zu erlangen. Alle aufgeklärten Staaten würden sich hierzu bereit finden, auf solche aber, welche England keine entsprechende Vergünstigungen einräumen wollten, sollte auch die Zollermäfsigung sich nicht erstrecken. Er sei aber überzeugt, dafs, wo dieser Fall einträte, er nur von kurzer Dauer sein würde, indem diese Staaten von ihren eigenen Unterthanen zum Anschlufs an die englische Zollpolitik gedrängt werden würden. Alle Staaten müfsten einem Beispiel folgen, das zu ihrem eigenen Vorteil gereiche. Englands Beispiel würde allgemein Nachahmung finden, wenn es selbst nur fest bliebe.

Diese radikale Zollreform, welche teilweise durch die freisinnige Zollreform Preufsens im Jahre 1818 veranlafst war, fand den Beifall des englischen Parlaments, und selbst die Hüttenwerksbesitzer erhoben nur geringen Widerstand dagegen. Der Antrag ging durch und wurde dem allgemeinen Zollgesetz vom 5. Januar 1826 (The General Customs Act of the 6th Geo. IVc. 3) einverleibt. Dieses war von grofser politischer Wichtigkeit, denn es bezeichnete das erste entschiedene Einschwenken Englands zu der freisinnigen Zollpolitik, welche zum Freihandel führte. Dieselben Gründe, welche Herries 1825 für die Herabsetzung des Eisenzolles anführte, wurden späterhin von den Freihändlern vorgebracht.

Nachstehende Zusammenstellung enthält die Zollsätze für die verschiedenen Eisensorten vor und nach Einführung des neuen Gesetzes, dessen Tarif nach dem Vorschlage Huskissons, des Präsidenten des Handlungshofes (Board of Trade), festgesetzt wurde.

	vor 1826			nach 1826		
	£	sh	₰	£	sh	₰
Schmiedeeisen in Stäben oder roh aus den englischen Kolonieen, pro Tonne . . .	1	2	2	—	2	6
Schmiedeeisen in Stäben oder roh aus fremden Ländern, pro Tonne	6	10	—	1	10	—
Schneid-, Hammer- u. Walzeisen, schwächer als ¾ Zoll, pro Centner	1	—	—	—	5	—
Gufswaren für je 100 £ Wert	20	—	—	10	—	—
Brucheisen und Eisenschrot pro Tonne . .	—	17	6	—	10	—
Eisenerz pro Tonne	—	8	9	—	1	3
Roheisen „ „	—	17	6	—	10	—

Digitized by Google

	vor 1826 £	sh	₰	nach 1826 £	sh	₰
Roheisen aus englischen Kolonieen in Amerika pro Tonne	—	8	—	—	1	3
Schmiedeeisen, welches oben nicht benannt ist, für 100 £ Wert	50	—	—	20	—	—
Draht, der nicht oben benannt ist, pro Centner	5	18	9	1	—	—
Reifeisen pro Centner	1	3	9	1	3	9
Stahl jeder Art für 100 £ Wert	50	—	—	20	—	—

Von grofsem Interesse ist die Thatsache, dafs die Eisenpreise in England durch die allgemeine Einführung des Steinkohlenbetriebes und die technischen Verbesserungen auf weniger als die Hälfte heruntergegangen waren. 1788 kostete die Tonne Stabeisen 22 £, 1826 dagegen 10 £ 10 sh.

Wieviel billiger England sein Eisen herzustellen verstand als die übrigen europäischen Staaten, geht aus folgender Zusammenstellung der Preise von Stabeisen im Jahre 1825 hervor:

Frankreich	26 £	10 sh	pro	Tonne
Belgien und Deutschland. . . .	16 „	14 „	„	„
Schweden in Stockholm und Rufsland in Petersburg . .	13 „	13 „	„	„
England in Cardiff	10 „	— „	„	„

Der Preis von gewöhnlichem Stabeisen betrug 1815 11 £ pro Tonne; er sank ziemlich regelmäfsig bis auf 8 £ im Jahre 1822, stieg dann wieder erst bis 1824 auf 9 £ 2 sh, hierauf in raschen Sprüngen im Jahre 1825 auf die aufserordentliche Höhe von 13 £ 15 sh und fiel von da an 1826 auf 10 £ 6 sh, 1828 auf 8 £ und 1830 auf 6 £ die Tonne.

Über die Zunahme der Eisenausfuhr in dieser Periode, bezw. bis 1839 giebt umstehende Zusammenstellung nach Scrivenor einen Überblick.

Zum Schlufs weisen wir noch kurz auf die zahlreichen Verbesserungen in der Eisenindustrie, besonders bei der mechanischen Bearbeitung in England hin.

1818 wendete Samuel Baldwin Rogers die ersten eisernen Bodenplatten in den Puddelöfen an. Am 26. Mai 1812 nahm Jeremiah Dimmack ein Patent auf die Anwendung von Unterwind in Puddelöfen. 1828 erfand J. B. Neilson die Winderhitzung bei Gebläseöfen. 1824 stellte F. H. W. Needham gröfsere Gufsstücke aus Tiegelgufsstahl dar und nahm ein Patent auf sein Verfahren. In

Digitized by Google

der Walzkunst wurden grofse Fortschritte gemacht. Drahtwalzen erfanden William Bell 1815, Thomas Todd und W. Church 1818; Nagelwalzwerke wurden konstruiert von John Bennoch 1801, von Th. Todd 1818, von Tyndall 1827. 1820 erfand Birkinshaw sein berühmtes Schienenwalzwerk; 1822 baute John Thompson in London ein Walzwerk zur Herstellung keilförmiger Wagenfedern. Ende der 20er Jahre stellte man in England bereits Gewehrläufe unter Walzen dar.

Murray in Leeds arbeitete zuerst mit einer Eisenhobelbank, die er sich 1814 angefertigt hatte; in demselben Jahre konstruierte, unabhängig von ihm, James Fox eine Hobelmaschine, welcher 1817 eine dritte von Roberts in Manchester folgte. Sie alle wurden aber übertroffen von Jos. Clements Eisenhobelbank von 1825. Das Charakteristische dieser sogenannten englischen Hobelbank war, dafs der Meifsel fest stand, während das Arbeitsstück sich darunterher bewegte. H. Maudslay erfand ferner um 1816 eine Lochmaschine zum Lochen von Kesselblechen. Eine Anzahl von Maschinen zur Fabrikation von geschnittenen Nägeln und für die Nadelfabrikation wurden in jener Periode patentiert. Das wichtigste Ereignis war aber G. Stevensons

Britische Eisenausfuhr von 1815 bis 1839 (nach Scrivenor).

Jahr	Stabeisen (Bar-Iron)		Bolzeneisen (Bolt- and Rod-Iron)		Roheisen		Gufswaren		Draht		Geschmiedetes Eisen: Anker		Geschmiedetes Eisen: Bandeisen		Geschmiedetes Eisen: Nägel		Geschmiedetes Eisen: aller Art sonst, aufer Geschütz		Altes Eisen zur Wiederverarbeitung		Rohstahl		Stahl- und Messerwaren: Menge	Stahl- und Messerwaren: Wert
	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	Ctr.	Tonn.	£
1815	26 309	—	8 971	13	2 708	9	6 208	2	380	10	1311	14	6 173	19	3806	12	6 884	15	87	13	1280	12	15 472	2 349 662
1820	46 469	4	7 937	11	5 630	19	6 647	14	169	2	545	2	7 552	9	2846	15	6 063	15	768	14	438	14	6 697	949 086
1825	25 613	19	4 825	3	2 815	16	5 944	13	203	1	1395	12	5 656	1	3555	5	8 222	13	71	19	533	17	10 980	1 391 113
1830	59 795	4	8 042	16	12 036	18	8 854	14	365	11	1246	12	8 057	—	4118	18	12 813	5	884	18	832	12	13 369	1 410 936
1835	94 383	16	13 331	12	33 073	2	12 604	7	541	—	2347	—	13 947	1	5180	—	20 182	19	595	11	2810	3	20 197	1 833 043
1839	124 137	8	12 315	1	43 460	2	10 836	9	776	19	3107	9	11 225	8	7195	8	30 324	—	549	8	3974	2	21 177	1 828 521

Digitized by Google

Lokomotive und die Erbauung der ersten Eisenbahn mit Dampfbetrieb für den Personenverkehr.

Kalorische Maschinen erfanden Montgolfier und Dayme 1816 und Stirling 1827, ohne jedoch damit einen Erfolg zu erzielen. Brunel trug sich bereits 1825 mit der Idee, Maschinen mit verdichteter Kohlensäure zu betreiben.

Frankreich 1816 bis 1830.

Frankreichs Eisenindustrie hatte zwar durch die Republik und das Kaiserreich einen grofsen Impuls erhalten und war durch dieselben nach Möglichkeit gefördert worden, trotzdem war sie in ihrer technischen Entwickelung zurückgeblieben. Der Grund hiervon lag zum grofsen Teil in der feindseligen Stellung Frankreichs gegen England und den andauernden Kriegen zwischen beiden, wodurch verhindert wurde, dafs Frankreich von den grofsen technischen Fortschritten Englands Nutzen ziehen konnte. Auch nachdem der Friede in Europa hergestellt war, beeilte sich Frankreich nicht, seine zurückgebliebenen Betriebe zu verbessern. Eine allgemeine Abspannung war auf die übertriebene Anspannung der Kräfte unter der kriegerischen Herrschaft des ersten Kaiserreiches gefolgt. Dazu kam, dafs die französische Eisenindustrie durch die freihändlerische Richtung, welche 1815 plötzlich eingeschlagen worden war, und die Herabsetzung des Schutzzolles von 1816 bis 1819 sehr gedrückt wurde. Frankreichs Eisenindustrie stand auf so schwachen Füfsen, dafs sie nur bei den höchsten Schutzzöllen gedeihen konnte. Deshalb setzte man auch durch Gesetz vom 23. April 1822 den Zoll von in französischen Schiffen eingeführtem Roheisen wieder auf 9 Franken, von Schmiedeeisen auf 25 bis 50 Franken pro 100 kg; unter fremder Flagge eingeführtes Eisen mufste noch höhere Abgaben bezahlen.

Es verging eine Reihe von Jahren, ehe die Eisenindustrie Frankreichs sich zu einer gründlichen Reform aufschwingen konnte. Man behielt die alten Holzkohlenöfen bei, die man höchstens nach und nach hier und da bis auf 30 Fufs erhöhte; als Gebläse dienten fast ausschliefslich die alten hölzernen Spitzbälge. Creusot blieb noch immer die einzige Kokshochofenanlage und hatte schwer genug um seine Erhaltung zu kämpfen. Erst im Jahre 1818 wurde eine zweite Kokshochofenhütte bei St. Etienne in Betrieb gesetzt. Das Frischen geschah aber noch ausschliefslich in Herden mit Holzkohlen. Der Puddelprozefs war fast unbekannt. Allerdings hatte François de Wendel,

Digitized by Google

der bereits 1803 das erste Walzwerk in Frankreich errichtet hatte, auch schon 1810 zu Hayange einen Puddelofen erbaut und Frischversuche darin gemacht, aber erst 1818 kam zu Creusot der erste Puddelofen mit Steinkohlenfeuerung in regelmäfsigen Betrieb; hierauf folgte die Hütte von Vienne, Depart. d'Isère, welche die einzige war, die 1819 in Paris mit Steinkohle gepuddeltes Eisen ausstellte. Ein Umschwung erfolgte erst nach der Industrieausstellung von 1819, in den 20er Jahren, dann aber auch mit Ungestüm. „Nie", schreibt Pelouze[1]), „ist eine industrielle Umwälzung so plötzlich gekommen und hat sich so rasch ausgebreitet; es war wie ein elektrischer Schlag, und er hat die ganze Energie der gespannten französischen Industrie entladen. Diese Umwälzung datiert nicht einmal von dem Frieden mit England. Es ist wahr, schon in den Jahren der Friedensschlüsse, 1814 und 1815, haben einzelne Fabrikanten, unter denen namentlich M. de Wendel ehrenvoll genannt werden mufs, sich nach England begeben und von da die Verfahrungsweisen mitgebracht, die sie mit mehr oder weniger Glück und mit mehr oder weniger Langsamkeit eingeführt haben. Es bedurfte, um diesen Methoden Verbreitung zu verschaffen, etwas vollkommeneres, etwas die Einbildungskraft packendes, es bedurfte Männer, welche die Überzeugung von dem Erfolge in sich trugen und ohne Bedenken vor dem Erfolg und vor der Höhe des Kapitals diese Neuerungen einführten." Diese Männer fanden sich in zwei englischen Ingenieuren, Manby und Wilson, welche 1822, mit Kapital ausgerüstet, sich in Charenton bei Paris etablierten. In einem alten verfallenen Kloster, welches in den Augen eines französischen Unternehmers kaum für ein kleines Hüttenwerk auszureichen schien, sah man plötzlich, wie durch einen Zauber, eine vortreffliche Anlage mit Walzwerk, grofsartiger Gieſserei und Maschinen von unglaublichen Kräften entstehen. In diesem neuen Werke wurden die Muster und die Ausführung der neuen Betriebsweisen den französischen Fabrikanten zur Ansicht und Prüfung vorgeführt. Manby und Wilson machten kein Geheimnis aus ihrer Fabrikation, sondern erklärten sich bereit, allen Eisenfabrikanten Frankreichs nicht nur alle Maschinen und Betriebsmethoden zu zeigen, sondern ihnen auch Modelle, Zeichnungen und Anleitungen zur Verfügung zu stellen. Kein Wunder, dafs sich die französische Industrie beeilte, davon Nutzen zu ziehen. Pelouze schreibt: „Von nun an ist man befreit von allen Schwierigkeiten; man braucht nicht mehr Jahre lang zu warten, bis

[1]) Pelouze, L'art du maitre de forges, 1827 bis 1828, Einleitung.

Digitized by Google

das Werk in Gang kommt, das Kapital braucht nicht fruchtlos zu feiern: wenige Monate genügen, man weifs im Voraus, wie hoch sich die Anlagekosten belaufen werden. Die Leistung der Maschinen wird für einen gewissen Zeitraum garantiert; der Kraftaufwand wird genau berechnet, die Produktion gewissenhaft abgeschätzt, selbst die Unkenntnis des Unternehmers ist kein Hindernis mehr, denn die Aufstellung, Inbetriebsetzung und Wartung der Maschinen übernehmen nach Vereinbarung auf kürzere oder längere Zeit der englische Maschinenbauer oder seine angestellten Arbeiter.“ Diese Erleichterungen und die rasche Ausführung erklären den aufserordentlichen Einfluſs der Fabrik von Charenton auf die Entschliefsung der französischen Industriellen, welche bereit waren, den Betrieb nach englischer Weise einzuführen.

Unter Manby und Wilsons Leitung entstanden die Eisenwerke des Herzogs von Ragusa zu Chatillon, die zu Ablainville an der Maas, zu Roine, zu Imphy (Nièvre), zu Audaincourt (Doubs), Debuyère à la Chaudeau (Haut-Saône). In der Fabrik zu Charenton wurden bereits zahlreiche Dampfschiffe gebaut. Die Eisengiefserei hatte für ihre Gebläse eine Dampfmaschine von 20 Pferdekräften und lieferte wöchentlich 80000 kg Gufswaren; das Walzwerk 70000 kg Stabeisen und 10000 kg Blech.

Übrigens hatte auch die Industrieausstellung, die 1819 im Louvre zu Paris abgehalten wurde, bereits Zeugnis von der fortschreitenden Entwickelung der französischen Industrie abgelegt. Dies geht besonders aus dem interessanten Ausstellungsberichte von Héron de Villefosse[1]) hervor, in welchem ein Vergleich mit der Ausstellung vom Jahre 1806 gezogen wird.

Der Steinkohlenbetrieb hatte damals allerdings noch sehr geringe Ausdehnung erlangt. Creusot war das einzige Werk, welches Koksroheisen ausstellen konnte. Das von Vienne ausgestellte Roheisen war mit $^4/_5$ Holzkohlen und $^1/_5$ Koks erblasen. Die oberste Bergbehörde in Frankreich vertrat damals bereits die Anschauung, dafs für Frankreich Hochofenbetrieb mit Holzkohlen in Verbindung mit dem englischen Flammofenfrischbetriebe mit Steinkohlen die vorteilhafteste Kombination sei, indem auf diese Weise Holz und Kohlen am besten ausgenutzt und eine bessere Qualität Eisen erzeugt werden würde. An mehreren Orten wurden aber bereits Versuche gemacht, die Erze im Hochofen mit Koks zu schmelzen. Ein wichtiger Versuch derart war

[1]) Siehe Annales des mines 1820, V, p. 17.

Digitized by Google

derjenige, welchen der königliche Bergingenieur Clerc und Tournelle, Ingenieur der Steinkohlenbergwerke von Anzin im Nord-Departement, machten, um den dortigen Kohleneisenstein mit Koks zu verschmelzen[1]). Noch wichtiger waren die Versuche, welche de Gallois, der zuvor England bereist hatte, zu St. Etienne anstellte[2]). Ferner gründeten die Herren Frère-Jean im Departement Isère ein grofses Eisenwerk für Steinkohlenbetrieb. Aubertot, Eigentümer der Hütte zu Vierzon (Departement Cher), gebührt das Verdienst, die Gichtgase der Hochöfen zuerst in gröfserem Mafsstabe als Brennmaterial verwendet zu haben. Er stellte nicht nur Kalkbrennöfen auf der Hochofengicht auf, sondern benutzte die Gichtflamme der Hochöfen auch für Frischfeuer und Glühflammöfen. Die Herren Blumenstein und Frère-Jean führten zuerst zu Vienne im Departement Isère das englische Flammofenfrischen ein. Das erste Stabeisenwalzwerk wurde auf dem altberühmten Hüttenwerke zu Grossouvre

---

[1]) Ebendaselbst 1819, 3. Livraison.

[2]) Louis Georg Gabriel de Gallois-Lachapelle, der sich grofse Verdienste um die französische Eisenindustrie erworben hat, wurde 1775 zu St. Léonard im Departement Niederrhein geboren. Er studierte Bergwissenschaft, wurde 1799 Ingenieur und 1810 Chef-Ingenieur im Bergamt. Er veröffentlichte eine Anzahl vortrefflicher Aufsätze im Journal des Mines. 1811 wurde er zum Direktor der Quecksilberbergwerke zu Idria in Krain ernannt und führte daselbst grofse Verbesserungen ein. 1814 wurde ihm die 12. Berginspektion, zu der St. Etienne gehörte, auf seinen Wunsch übertragen. Hier entdeckte er sofort den Kohleneisenstein (fer carbonaté lithoide), den er früher in Saarbrücken kennen gelernt hatte. Er erkannte die aufserordentlich günstigen Bedingungen zur Gründung eines grofsen Eisenwerkes nach englischer Weise. Die ihm von der Regierung angebotene Stelle eines Professors der Probierkunst an der Königlichen Bergschule zu Paris schlug er aus, trat aus dem Staatsdienste und wurde Direktor einer durch ihn ins Leben gerufenen Gesellschaft zu St. Etienne. Er begab sich nun 1815 zuerst nach England, wo er 16 Monate die dortigen Eisenwerke studierte und nach seiner Rückkehr zum erstenmal die englische Eisenbereitung genau und ausführlich beschrieb. Ebenso veröffentlichte er die erste Arbeit über die englischen Eisenbahnen (im 3. Bande der Annales des mines). Erst 1818 kehrte er nach St. Etienne zurück, wo er zum Professor an der neu gegründeten Bergschule daselbst ernannt wurde. Im folgenden Jahre gelang ihm die endliche Gründung der Compagnie des mines de fer de Saint-Etienne, deren Gründung er sich zu einer Lebensaufgabe gemacht hatte und deren Generaldirektor (directeur-administrateur) er wurde. Zu Terre-noire wurden alsbald drei Hochöfen für Koksbetrieb erbaut und die Erbauung eines Puddel- und Walzwerkes begonnen. Die Maschinen bezog Gallois aus England. Da aber die Erfolge den Erwartungen nicht entsprachen, und er von Seiten der Gesellschaft und seiner Beamten nicht die genügende Unterstützung fand, trat er 1823 von der Leitung des Unternehmens zurück. Hierzu hatte ihn auch zum Teil seine von Jugend an schwache Gesundheit bestimmt. Er war lungenleidend und gezwungen, ein südlicheres Klima aufzusuchen. Am 25. August 1825 erlöste ihn der Tod.

Gallois war der Begründer des modernen Eisenhüttenwesens zu St. Etienne. Ein ehrenvoller Nekrolog findet sich Annales des mines 1826, Tome VIII, p. 523.

Digitized by Google

von Dufaud 1817 errichtet. Die neue Gründung zu St. Etienne hatte ebenfalls die Einführung des Puddelprozesses vorgesehen.

Unter den sonstigen Ausstellungsobjekten von 1819 sind hervorzuheben die Artikel aus schmiedbarem Guſs (fonte malleable) von Baradelle, ferner Guſsstahl und Stahlwaren. Für schmiedbaren Guſs hatten Baradelle und Déodor 1818 den Preis der Societé d'encouragement von 3000 Franken, der schon seit 18 Jahren für neue verkäufliche Kleineisenwaren aus diesem Material ausgesetzt war, erhalten.

Guſsstahl, der erste, der fabrikmäſsig in Frankreich bereitet wurde, hatten die Stahlwerke von Bérardière bei St. Etienne, welche einem Herrn Milleret gehörten, ausgestellt. Das Werk beschäftigte damals bereits 120 Arbeiter und lieferte 2400 m-Ctr. Schweiſsstahl und 300 m-Ctr. Guſsstahl im Jahre. Der Guſsstahl wurde mit 260 bis 280 Franken pro Meter-Centner bezahlt und war angeblich dem englischen an Güte gleich. Das gröſste Stahlwerk war damals das von Garrigon, Sans & Co. in Toulouse, welches 1818 20000 m-Ctr. Stahl, 50000 Sensen und eine groſse Menge Feilen fabrizierte. Die Stahlproduktion Frankreichs, welche 1818 118309 m-Ctr. Rohstahl und 2230 m-Ctr. Cementstahl betragen hatte, nahm damals rasch zu. 1819 fabrizierten die beiden genannten Werke von Garrigon in Toulouse und Milleret in Bérardière allein ein Dritteil dieses Quantums. Der Import von Stahl, der immer noch 6030 m-Ctr. Schweiſsstahl und 3278 m-Ctr. Guſsstahl betragen hatte, ging infolgedessen zurück. Ebenso war die Sensenfabrikation im Aufschwung begriffen. 1816 und 1817 hatte Frankreich noch 300000 kg gleich 1200000 Stück Sensen eingeführt.

Blechwalzwerke waren entstanden zu Audencourt, Departement Doubs, Villemonstauson, Departement Aude, Boutancourt, Ardennen, Pont-Saint-Ours und besonders Imphy im Departement von Nièvre. Imphy nennt Villefosse das Dillingen Frankreichs. Es fabrizierte damals 1000 m-Ctr. Schwarzblech und 1500 m-Ctr. Weiſsblech. 1816 hatte der Import von Weiſsblech 3000 m-Ctr. betragen, 1817 ging er auf 868 m-Ctr. zurück und 1818 deckte bereits die französische Fabrikation den Bedarf. Im ganzen betrug die Jahresproduktion von Schwarz- und Weiſsblech damals 43000 m-Ctr.

Im Departement Jura machte Lemyre Nägel aus Blech, kalt geschnitten, wofür er 1817 ein Patent erhalten hatte. Ferner hatten Mouchel in Aigle Draht, verschiedene Pariser Firmen schön polierte Stahlwaren, Reignier Sicherheitsschlösser, die Waffenfabrik zu Thiers (Puy de Dôme) gewöhnliche Messer, die Pariser Messerschmiede feine

Digitized by Google

Messerwaren und chirurgische Instrumente und die königlichen Gewehrfabriken, besonders die zu Tulle (Corrèze), Gewehre ausgestellt.

Héron de Villefosse teilt noch folgende statistische Angaben für 1818 mit. In mehr als 50 Departements Frankreichs gab es Hochöfen: in den Departements Haute-Marne 43, Haute-Saône 38, Nièvre 30, Côte d'Or 30, Mosel 40, Isère nahezu ebensoviel, desgleichen in Cher und Allier zusammen, u. s. w. Im ganzen zählte man 350 Hochöfen in Frankreich. Diese lieferten 145000 m-Ctr. Gufswaren erster Schmelzung und 960000 m-Ctr. Roheisen gröfstenteils zum Verfrischen. Aus Roheisen wurden an 640000 m-Ctr. Schmiedeeisen hergestellt, aufserdem lieferten 90 Katalanschmieden 150000 m-Ctr. Luppeneisen, so dafs sich die ganze Schmiedeeisenproduktion auf 790000 m-Ctr. bezifferte.

Frankreich führte in den Jahren 1816 und 1817 noch 250839 m-Ctr. Roheisen und 188703 m-Ctr. Schmiedeeisen ein, wogegen es nur 1788 m-Ctr. und 17002 m-Ctr. exportierte.

1823 stellte auch die Hütte zu Janon Koksroheisen aus[1]). Die Hütte zu Saint-Hugon hatte ihre Hochöfen nach steirischer Art mit geschlossener Brust zugestellt. Zahlreiche Puddelwerke waren seit 1819 erstanden zu St. Julien bei St. Chamond, Departement de la Loire, zu Moyoeuvre und zu Hayange, Mosel, an der unteren Indre bei Nantes, Loire-inférieure, zu Chateau-la-Vallière, bei Tours, Indre-et-Loire, zu Bigny-sur-Cher, zu Bruniquel bei Montauban, auf der Hütte von Maizières zwischen Vesoul und Besançon, zu Fourchambault, Nièvre, zu Raismes bei Valenciennes, zu Janon bei St. Etienne, zu Charenton bei Paris. Die Hütte von Chatillon, Côte d'Or, war auf der Ausstellung von 1823 mit Stabeisen vertreten, welches mit Holz im Flammofen gefrischt war. Im ganzen zählte man damals bereits 20 nach englischer Art eingerichtete Frischhütten.

Die Herren Labbé et Boigues frères verpflanzten Anfang der 20er Jahre ihre Eisenwerke nach Fourchambault an der Loire, wo sie mit englischen Arbeitern Puddel- und Walzwerke errichteten. Anfang 1824 beschäftigten sie bereits 4000 Arbeiter[2]).

Bei Alais in der Provinz Languedoc, wo Eisenerze und Steinkohlen vorkamen, wurde 1825 ein grofses Eisenwerk nach englischer Weise angelegt, an welchem der berühmte Marschall Soult hervorragend beteiligt war.

---

[1]) Héron de Villefosse, Rapport de l'Exposition de l'Industrie Française 1823. Annales des mines 1823, p. 649.

[2]) Bulletin de la Soc. d'encouragement Nr. 233, p. 306.

Digitized by Google

1825 gründete E. Martin unter Mitwirkung der Familie Boigues eine Eisengiefserei zu Fourchambault, welche sich später zu einem berühmten Eisenwerke erweiterte.

Wie grofs der Fortschritt in den 20er Jahren, namentlich hinsichtlich des Steinkohlenbetriebes, war, zeigt umstehende, von dem Staatsrat Héron de Villefosse für das Jahr 1826 aufgestellte Statistik derjenigen französischen Eisenwerke, welche den englischen Betrieb mit Steinkohlen in Puddelöfen und Walzwerken eingeführt hatten.

Ganz Frankreich war damals in fünf Berg- und Hütteninspektionen eingeteilt, über welche Pelouze aus einem offiziellen Bericht an Héron de Villefosse über das Jahr 1825 folgende statistische Zahlen mitteilt:

Inspektion	Departements	Zahl der Hochöfen	Produktion Roheisen	Zahl der Frischfeuer	Zahl der Arbeiter
1	15	48	161450 m-Ctr.[1])	145	12627
2	5	64	338554 „	190	11520
3	12	191	924400 „	569	30520
4	5	21	112750 „	60	3780
5	8	55	77248 „	161	11170[2])
	45	379	1614402 m-Ctr.	1125	69617

Hierbei sind 8 Rohstahlöfen und die Katalanschmieden nicht einbegriffen; ferner lagen 40 Öfen still und weitere 60 waren im Bau begriffen; von diesen waren 40 für Koks und 20 für Holzkohlen bestimmt. Die durchschnittliche Produktion eines Holzkohlenofens in Frankreich betrug 1826 4163 m-Ctr., die eines Kokshochofens 13250 m-Ctr. im Jahre. Man erwartete aber von den neu erbauten Kokshochöfen eine jährliche Erzeugung von 24000 m-Ctr. Auch war man bei einigen Holzkohlenöfen bereits zu teilweisem Koksbetriebe übergegangen; so hatte man im Hochofen von Guerche, Departement du Cher, $^3/_7$ Holzkohle durch ebensoviel Koks ersetzt, ohne eine Benachteiligung der Qualität des Gufseisens, und die Gesellschaft Boigues, welcher dieser Ofen gehörte, beabsichtigte dasselbe gemischte Brennmaterial bei weiteren ihr zugehörigen 8 Hochöfen der Eisenwerke von Fourchambault einzuführen, wie auch noch andere Holzkohlenhütten dieses Verfahren nachahmen wollten. Ausschliefslich mit Koks gingen 1825 4 Hochöfen, und 1826 wurden 35000 m-Ctr. Koksroheisen erzeugt.

[1]) Quintal métrique = 100 kg.

[2]) Einschliefslich der Arbeiter bei den Katalanschmieden.

Digitized by Google

Puddel- und Walzwerke in Frankreich Anfang 1826:

Departement	Name und Lage der Hütten	Name der Besitzer	Zahl der Öfen und Walzwerke
Seine	Charenton bei Paris	Manby, Wilson & Co.	14 Öfen im Betr.
Indre-et-Loire .	Château-la-Vallière b. Tours	Thomas, Holland & Stanhope	
Loire-Inférieur	La Basse-Indre b. Nantes	Thomas, Hugues & Co.	8 „ 6 Walzw.
Morbihan . . .	Lieu dit Lajoie b. Hennebon	Hébert, Besné & Co.	
Ille-et-Vilaine .	Paimpont	De Breuilpond, de Cheffontaines & Co.	4 „ u. Walzw.
Oise	Montataire b. Creil	Mertian frères	2 „
Nord	Raismes b. Valenciennes	Renoux, Pielet, Dumont, Leclerque-Sezille	3 „ u. Walzw.
Meuse	— —	Muel-Doublat	6 „
Ardennen . . .	Daigny	Lamothe-Gonthier	2 „ u. Walzw.
	Brevilly b. Sedan	Deviller-Bodson	2 „
	Vrignes-aux-Bois b. Mezières	Gendarme	2 „
	Boutancourt	do.	2 „
	Monthermé	do.	2 „ u. Walzw.
	Bairon	Bertrand	3 „
	Guignicourt	do.	3 „
Mosel	Hayange b. Thionville	De Wendel	7 „
	Moyeuvre	do.	6 „
Haut-Rhin . .	Oberbrück	Levoyer d'Argenson	Nur Walzwerk
Haut-Saône . .	Port sur Soône	Galaire	2 Öfen, 1 Walzw.
	Magny-Vernois	Pourtalés (S. Blum, Pächter)	2 „
	Maizière, zwischen Vesoul und Besançon	Galaire & Patret	Blechwalzwerk
	Magnoncourt b. St. Loup	De Buyer	
	Pont sur d'Ognon	Samuel Blum	8 Öfen
Côte d'Or . . .	Chatillon sur-Saône	Marsch. Herzog v. Ragusa	7 „
Nièvre	Imphy b. Nevers	Débladis, Auriacombe & Comp.	6 „
	Forge-Neuve b. Dieuze	De Rigny	2 „
	Fourchambault b. Pougues	Boigues & Co.	14 „
Cher	Bigny sur Cher	Mm. d'Osmond	6 „
Saône et Loire	Gueugnon	Perrault	3 „
	Perrecy-les-Forges	Auloy	6 „ u. Walzw.
	do.	Lagrion	2 „
Loire	Janon, Terre-Noire bei St. Etienne	Comp. des forg. de Loire et Isère (Mosel)	8 „
	St. Chammond b. St. Etienne	Ardaillon & Bessy	2 „
	St. Julien b. St. Chamond	Hims, Higs et Co.	15 „ u. Walzw.
	Gier	Neyrand frères	2 „
	Lorette b. St. Genis, Terre-Noire	Marechal duc de Conégliano	8 „
Doubs	Montcey	De Terrier de Santans	2 „
	Moncley	do.	2 „
	Audincour et Bourgignon	Saglio, Humann & Co.	Walzwerke
Tarn	Saut du Sabot b. Orthes	Garrigon & Co.	2 Öfen
Tarn et Garonne	Bruniquel b. Montauban	Lapeyrière & Co.	3 Frischfeuer u. Walzwke.
Gironde	Illon, Gemeinde Uzeste	De Groc	2 Frischf.
Dordogne . . .	Ans	Festugères	2 do.
Aveyron . . .	Aubin	Gesellschaft de Cazes	

Digitized by Google

Bei den neuen Werken hatte man meistens Dampfbetrieb eingeführt, und warfen auch verschiedene Holzkohlenhütten ihre alten Wasserräder ab und ersetzten dieselben durch Dampfmaschinen, wie z. B. Isaac Blum auf seiner Hütte zu Baigne, Departement Haute-Saône. Creusot hatte 1825 bereits 5 Hochöfen, von denen einer 15 m hoch war.

An Schmiedeeisen war im Jahre 1825 fabriziert worden:

	442000	m-Ctr.	mit Steinkohlen
und	569540	„	„ Holzkohlen
zusammen	1011540	m-Ctr.	

Man rechnete beim Steinkohlenbetriebe 135 Roheisen auf 100 Stabeisen, beim Holzkohlenbetriebe 150 Roheisen. — Zu der angegebenen Menge Schmiedeeisen kommen weitere 93740 m-Ctr. hinzu, welche in den 130 Katalanschmieden der fünften Inspektion erzeugt wurden. Der Verbrauch an Schmiedeeisen hatte in diesem Jahre 1156850 m-Ctr. betragen. Der Wert der ganzen Eisenproduktion Frankreichs für 1825 berechnet sich:

für 569540 m-Ctr. Holzkohlen-Schmiedeeisen zu 65 Franken der Centner	37020100	Franken
für 110392 m-Ctr. Holzkohlen-Gufswaren zu 28 Franken der Centner	3090976	„
für 53000 m-Ctr. Steinkohlen-Gufswaren zu 28 Franken der Centner	1484000	„
für 442000 m-Ctr. Steinkohlen-Schmiedeeisen zu 58 Franken der Centner	25636000	„
für 93470 m-Ctr. Luppeneisen der Katalanschmieden zu 65 Franken der Centner . .	6075550	„
	73306626	Franken

Villefosse fügt noch hinzu, dafs zu dem Betrage von 30 bis 35 Millionen Franken, welcher bereits in der Eisenindustrie mit Steinkohlen angelegt sei, ein ebensogrofses Kapital im Begriffe stehe, darin angelegt zu werden und dafs für den Erfolg dieser Anlagen vor allen Dingen die Freigebung der Schiffahrt notwendig sei.

Zu dem grofsen Aufschwung, der von 1820 bis 1825 $^1/_3$ der Produktion betrug, hatte besonders das Schutzzollgesetz vom 27. Juli 1822 beigetragen, durch welches gleichzeitig die fremde Einfuhr, die im Jahre 1821 noch 138437 m-Ctr. betragen hatte, um $^1/_3$ vermindert wurde.

Die Eisenhütten verbrauchten damals noch den vierten Teil des sämtlichen Holzes, welches in Frankreich geschlagen wurde, ent-

Digitized by Google

sprechend dem vierten Teile der verfügbaren Waldfläche von 5610833 Hektaren.

Durch die hohen Holzpreise waren die Gestehungskosten des französischen Frischeisens sehr teuer; sie betrugen nach Villefosse 1826 im Minimum 54 Franken, im Maximum 76 Franken, im Durchschnitt 65 Franken pro Meter-Centner, während das Eisen in Belgien und Deutschland 45 bis 47 Franken, das in Schweden und Rufsland 32 bis 43 Franken auf den Hütten und das englische nur 24 Franken 75 Ctms. frei Hafen von Cardiff, kostete. Ohne den Zollschutz konnten die französischen Hütten nicht bestehen.

Bei der Eisenbereitung mit Holzkohlen verhielten sich die Preise des Stabeisens zum Roheisen wie 65 Franken pro m-Ctr. zu 21 Franken, während dieses Verhältnis bei dem Steinkohlenbetriebe in England 26 Franken zu 12 Franken 65 Ctms. betrug. Der Vorteil der Anwendung der Steinkohle bei dem Frischereibetriebe war also besonders grofs. Seit 1825 nahm der Steinkohlenbetrieb in Frankreich rascher zu. 1827 waren 15 Kokshochöfen im Bau und 25 weitere im Projekt. 1829 entstand die Eisenhütte von La Pigne zunächst nur als Giefserei.

Belgien bis 1830.

Die Hüttenbesitzer der Niederlande, insbesondere Belgiens, hielten mit erstaunlicher Hartnäckigkeit an dem überlieferten Holzkohlenbetriebe fest. Obgleich das Gebiet mit Steinkohlen reich gesegnet war, so benutzte man dieselben doch nur in den Reckhämmern, welche das Grobeisen von Namur, also von dem Gebiete zwischen Maas und Sambre und von Luxemburg zu Handelseisen verschmiedeten. Die zahlreichen Hochöfen Belgiens wurden mit Holzkohlen betrieben und gestatteten keine Vermehrung, weil sie schon mehr Holz verschlangen, als das Land hervorbrachte. Als der Hüttenbesitzer J. B. Dupont von dem Eisenwerke zu Dieupart 1809 bei der französischen Regierung um die Erlaubnis der Errichtung eines weiteren Hochofens einkam, wurde ihm dies abgeschlagen, weil die Holzverkäufe aus den kaiserlichen Waldungen in diesem Jahre den Etat bereits um $^1/_3$ überschritten hätten. Es bestanden damals in dem Departement der Ourthe 18 Holzkohlenöfen und in dem benachbarten Departement des Forêts und der Sambre und Maas ebenfalls eine grofse Zahl.

Die französische Regierung drängte auf die Einführung des Steinkohlenbetriebes und erteilte keine neue Konzession, ohne wenigstens

Digitized by Google

den Versuch desselben zu verlangen. Trotzdem erreichte sie ihre Absicht nicht.

Allerdings hatte man zu Glabeck, nahe bei Tubize, einen Hochofen mit einer Mischung von Holzkohle und Koks mit Erfolg betrieben. Ebenso hatte Amand, Hüttenherr zu Bouvigne, einen sehr festen Guſs mit Koks erhalten, der nur etwas hart ausgefallen war. Aber diese Versuche fanden keine Nachahmung, vielmehr legten namentlich die Hüttenbesitzer im Lütticher Lande eine groſse Ängstlichkeit gegen den Steinkohlenbetrieb an den Tag. Sie begründeten dieselbe mit der Behauptung, die Steinkohle von Lüttich sei dem Eisen schädlich.

Die Société d'Émulation zu Lüttich setzte dagegen schon 1811 einen Preis aus für den, der zuerst den englischen Betrieb im Departement der Ourthe einführte. Sie bekämpfte mit Eifer das Vorurteil, daſs die Lütticher Kohle für den Hochofenbetrieb ungeeignet sei und befürwortete die Verkokung in geschlossenen Öfen. Aber erst sehr spät wurden die Bemühungen dieser Gesellschaft, die sich groſses Verdienst in dieser Sache um Belgien erworben hat, von Erfolg gekrönt.

Erst zu Anfang des Jahrhunderts ging man von der viereckigen zur runden Form des inneren Querschnitts der Hochöfen über.

Die Blechfabrikation machte unter dem Kaiserreich wesentliche Fortschritte. Man zählte damals im Lütticher Lande bereits 14 Blechwalzwerke, welche 100 Arbeiter beschäftigten und jährlich etwa 280000 Ctr. erzeugten. Bei der Pariser Ausstellung von 1806 wurden die Bleche der Herren Dautrebande und Bastin von Huy für die besten erklärt.

In der Weiſsblechfabrikation nahm das Werk von Delloye zu Huy die erste Stelle ein. 1804 hatte die Gesellschaft zur Aufmunterung etc. in Paris einen Preis von 3000 Franken für das beste Weiſsblech, das dem besten im Handel vorkommenden gleichkäme, ausgesetzt. Erst 1808 kam derselbe zur Verteilung und wurde Herrn Delloye zugesprochen, der schon bei der Ausstellung 1806 eine silberne Medaille erhalten hatte. Seine Fabrik verarbeitete damals 25000 kg Blech. Sie produzierte 1808 1969, 1809 4674 und 1810 6782 Kisten Weiſsblech. Herr Delloye erhielt von der französischen Regierung als Anerkennung und zur Aufmunterung 90000 Franken.

Dagegen gingen die Schneidwerke durch die wachsende auswärtige Konkurrenz zurück. Von groſser Wichtigkeit war die Gründung der groſsen Kanonengieſserei in Lüttich.

Digitized by Google

Im Jahre 1803 hatte der Mechaniker Perier[1]) in Paris eine Lieferung von 3000 Stück 36-Pfünder-Kanonen für die französische Flotte übernommen, worauf er in Raten 1 700000 Franken an Vorschüssen erhielt. Er wählte Lüttich zum Platze für seine Gieſserei und baute innerhalb zweier Jahre eine groſse Anlage mit sechs Flammöfen, aus denen er 20 Stück Rohre auf einmal gieſsen konnte. Er stellte sechs Dampfmaschinen von 96 Pferdekräften mit einem Kostenaufwande von 160000 Franken auf. Dem Betriebe stellten sich aber durch ungeübte Arbeiter, Mangel an gutem Formsand u. s. w. solche Schwierigkeiten in den Weg, daſs er seinen Vertrag nicht erfüllen konnte, in Konkurs geriet und die Regierung gezwungen wurde, das Werk selbst zu übernehmen. Während des Kaiserreiches wurden etwa 7000 Geschützrohre hier gegossen. Man benutzte nur Holzkohlenroheisen, welches meistens von Doulong bei Longwy, St. Roche bei Couvin, Vaux, Moniat, Bouvignes, Dieupart und Bouillon geliefert wurde.

Der Zusammenbruch der napoleonischen Macht befreite die Niederlande von der Herrschaft Frankreichs. Für die belgische Eisenindustrie war dies unmittelbar kein Vorteil. Sie verlor damit ihr wichtigstes Absatzgebiet. Die Aussichten im Jahre 1815 schienen für die belgische Eisenindustrie in der That trostlos. Hierzu kam, daſs die holländische Zollpolitik einseitig den Handel auf Kosten der inländischen Industrie begünstigte. Da trat John Cockerill auf und brachte einen Umschwung und Aufschwung der Eisenindustrie Belgiens zustande, der erstaunlich war.

John Cockerill war als der jüngste Sohn des Mechanikers William Cockerill 1790 zu Haslington in Lancastershire geboren. Bald nach seiner Geburt verlieſs der Vater, ein geschickter und unternehmender Mann, mit seinen älteren Söhnen, William und James, sein Vaterland, um in Schweden und Belgien seine verbesserten Spinnmaschinen zu bauen und zu vertreiben. 1802 folgte der 12jährige John seinem Vater nach Verviers. Sein ältester Bruder William gründete in Frankreich eine Fabrik, und als diese abbrannte, wandte er sich 1816 nach Guben in Preuſsen, errichtete dort eine groſse Spinnerei mit Dampfbetrieb und erhob Guben zu einer der ansehnlichsten und gewerbreichsten Fabrikstädte des preuſsischen Staates. Der alte Cockerill legte 1807 mit seinen Söhnen James und John eine Maschinenbauanstalt in Lüttich an. Schon 1805 hatte der 15jährige

[1]) Jaques Constantin Perier, geb. 1742 zu Paris, hatte zuerst die Dampfmaschine in Frankreich eingeführt, die beiden groſsen Dampfpumpen zu Chaillot und eine dritte zu Grand-Caillou erbaut (vergl. Bd. III, Perier).

Digitized by Google

John Cockerill aufserordentliche geschäftliche und mechanische Begabung gezeigt, welche die Verwunderung der Geschäftsfreunde des alten Cockerill in Verviers erweckte. 1810 stand er bereits an der Spitze des fortwährend wachsenden Geschäftes, in dem er namentlich den technischen Betrieb leitete. Die Fabrik lieferte anfangs wöchentlich zwei bis drei, später aber sieben vollständige Sortimente Wollspinnmaschinen, jede zum Preise von 500 Louisd'or. In 7 Jahren wurden für mehr als 3 Millionen Franken Maschinen verkauft. Der junge John leitete das Geschäft mit solcher Umsicht, dafs sein Vater sich 1814 zurückziehen konnte und die Fabrik ganz seinen beiden Söhnen überliefs, die sie unter der Firma Charles James & John Cockerill führten.

Das Genie der Cockerills hatte um diese Zeit bereits die Aufmerksamkeit des Auslandes auf sich gezogen, und gebührt Preufsen das Verdienst, dasselbe zuerst erkannt zu haben. 1814 lud die preufsische Regierung dieselben nach Berlin ein, um in ihrem Lande in den Wollspinnereien und Tuchfabriken ihre neuen Maschineneinrichtungen einzuführen. James und John Cockerill legten mehrere Wollspinnanstalten in den östlichen Provinzen an, ohne aber ihren Sitz in Lüttich aufzugeben, während ihr älterer Bruder William ganz nach Preufsen übersiedelte. Die von den Erstgenannten angelegten Fabriken, welche später in den alleinigen Besitz von John Cockerill übergingen, befanden sich in Berlin, Kottbus und Grüneberg. Auch stand John Cockerill 1814 wegen Erwerbung des preufsischen Staatshüttenwerkes Peitz in Unterhandlung, wo er ein grofsartiges Eisenwerk nach englischer Weise anzulegen gedachte.

Immer mehr erweiterte sich das Geschäft und mit ihm der Gesichtskreis John Cockerills. Immer deutlicher erkannte er die grofsen ungehobenen Schätze, welche Belgien bot, und das Bild einer Grofsindustrie, welche sich mit England und Frankreich messen sollte, trat ihm immer deutlicher vor Augen. Mitten in dem reichen Kohlenbassin, an den Ufern der Maas, lag das verlassene erzbischöfliche Lustschlofs Seraing. Mit scharfem Blicke erkannten die Cockerills die bevorzugte Lage dieses Platzes für eine grofse Fabrikanlage. Sie wendeten sich an die Regierung und den König und erhielten das Schlofs 1817 zur Anlage einer Fabrik eingeräumt. Diese weise Grofsmut wurde nicht nur für Cockerill, sondern für ganz Belgien, ja für die ganze Eisenindustrie eine Wohlthat.

Anfangs richtete James Cockerill eine Flachsspinnerei in den Räumen des erzbischöflichen Schlosses ein, dann aber verlegte er

Digitized by Google

diese und überliefs das ganze ausgedehnte Besitztum seinem Bruder John zur Anlage einer Eisenhütte mit Maschinen-Bauanstalt, welche so grofsartig geplant war, dafs sie den gröfsten Werken in England und Frankreich gleichkommen sollte. Wohl war es ein Unternehmen, welches über die Kräfte eines Einzelnen hinauszugehen schien; die Geldmittel dafür konnte Cockerill allein unmöglich beschaffen, aber es war die Eigenart des Mannes, dafs seine erfinderische und organisatorische Kraft wuchs mit der Gröfse und Schwierigkeit der Aufgabe. Durch kein Bedenken liefs er sich beirren und führte das begonnene Werk glänzend zu Ende. Auch hier war es wieder die Regierung und König Wilhelm, welche ihm forthalfen. Um die Ungerechtigkeiten des freihändlerischen Zollsystems, welches die einheimische Eisenindustrie bedrückte, auszugleichen und die Unzufriedenheit der belgischen Fabrikanten zu beschwichtigen und um die heimische Industrie durch direkte Unterstützung zu heben, wurde am 12. Juli 1821 ein staatlicher Industriefonds gegründet. Es sollten aus den Einkünften der Zölle jährlich 1 300 000 Gulden Subventionsgelder zur Aufmunterung der Industrie vorweg genommen werden. So bedenklich diese Mafsregel war, da sie der Gunst und der Willkür Thür und Thor öffnete, so hat sie doch für Belgien grofsen Nutzen gestiftet, ganz besonders durch die Unterstützung John Cockerills, der mit Hülfe der Zuschüsse aus diesem Fonds sein grofses Unternehmen zu Seraing ausführen konnte. Dafs dabei König Wilhelm die Absicht hatte, durch diese reichlichen Zuwendungen sich zugleich die Liebe und Anhänglichkeit der ihm abgeneigten Belgier zu erwerben, schmälert nicht die geschichtliche Bedeutung dieser Unterstützung der belgischen Industrie. Eine sehr anerkennenswerte Bedingung, welche der König an das grofse Darlehen geknüpft hatte war die, dafs die Eisenindustriellen des Landes, besonders die von Lüttich und Namur, berechtigt sein sollten, das Werk zu besuchen, um daselbst zu lernen.

1820 hatte John Cockerill bereits die ersten Puddelöfen in Belgien in Betrieb gesetzt. Zur Förderung dieses Unternehmens und zur Unterstützung für die weitere Einführung des englischen Flammofenbetriebes erhielt er von der Regierung 1 Million Franken vorgestreckt.

1823 wurde der erste Hochofen zu Seraing angeblasen. Derselbe war 48 Fufs hoch, 12 Fufs im Kohlensack, aber nur 3 Fufs in der Gicht weit. Letzteres war ein grofser Fehler. Die starke Verengung des nicht hohen Schachtes hatte einen sehr unregelmäfsigen Ofengang

Digitized by Google

zur Folge, der erst besser wurde, nachdem man den Schacht umgebaut und mit einer Gicht von 6 Fuſs Weite versehen hatte. Dieses war der erste für Koksbetrieb gebaute Hochofen in Belgien, der dauernd nur mit Koks betrieben wurde. Er schmolz täglich 10 Tonnen Roheisen, was damals als eine erstaunliche Produktion galt.

Es war für John Cockerill eine Existenzfrage, sich den Absatz für die Bedürfnisse der niederländischen Regierung, namentlich für deren bedeutende Marine zu sichern, und er wuſste den König so sehr für sein Unternehmen zu interessieren, daſs dieser nicht nur namhafte Summen vorschoſs, sondern in eine solche Geschäftsverbindung eintrat, daſs er an dem Gewinn und Verlust des Geschäftes teilnahm. John Cockerill führte dabei den Betrieb ganz selbständig, und der Kommissar des Königs hatte nur den Gang des Geschäftes, Umschlag und Gewinn zu überwachen. Durch diese Verbindung wurde Cockerill in den Stand gesetzt, das Werk immer mehr zu erweitern und es zu der Musterwerkstatt zu machen, die es geworden ist. Schwerlich hat irgend eine andere Maschinenfabrik des Kontinents eine gleich groſse geschichtliche Bedeutung erlangt. Seraing wurde nicht nur für Belgien, sondern auch für die Nachbarländer die hohe Schule des Maschinenbaues und der Maschinenarbeit. Charakteristisch war die strenge Trennung der Betriebe. Obgleich das ganze riesige Werk von einer gemeinschaftlichen Mauer umgeben war, so waren doch im Innern die verschiedenen Betriebe technisch und kaufmännisch scharf getrennt und verkehrten miteinander, wie wenn es verschiedene Unternehmen wären. Dadurch wurde eine musterhafte Ordnung und Übersichtlichkeit erreicht.

Die erste Abteilung bildeten die Kohlenbergwerke, deren Schächte in dem Werke mündeten, so daſs die Steinkohle direkt aus der Grube zu den Verbrauchsstellen geführt wurde. Der neue Kohlenschacht hatte eine Pumpmaschine von 120 Pferdekräften und eine Fördermaschine von 30 Pferdekräften. Alle Grubenarbeiter hatten die von Humphrey Davy erfundenen Sicherheitslampen, die sie nach dem Ausfahren ablieferten und die vor dem Einfahren untersucht wurden [1]). Die gröſste Verbrauchsstelle für die Steinkohlen war zunächst die ausgedehnte Koksofenanlage; dieselbe stand mit einem Schornsteine von 200 Fuſs Höhe in Verbindung.

Die Eisenfabrik oder die Eisenhütte bestand 1829 aus einer

[1]) Siehe Journal für Gewerbetreibende, Jahrg. 1829, John Cockerill und seine Unternehmungen, und Heinrich Weber, Beschreibung der Eisen- und Maschinenfabrik zu Seraing, Berlin 1829.

Digitized by Google

Erzwäsche, aus einer Brennerei für feuerfeste Ziegel, aus den Röstöfen, aus 1 Hochofen mit einer grofsen Cylinder-Gebläsemaschine von 80 Pferdekräften, welche zugleich die Feineisenfeuer betrieb und den Aufzug bediente. Ferner gehörte hierzu eine grofse Eisengiefserei mit 5 Kupolöfen und 6 Krahnen, 1 besonderen Formerei für feine Stücke, 1 chemisches Laboratorium u. s. w. Das grofse Maschinengebäude der Eisenfabrik war ungemein fest, zweckmäfsig und doch scheinbar sehr leicht gebaut; besonders schön war das mittlere Dach, welches ganz aus Gufseisen hergestellt war und den Maschinenraum bedeckte. In diesem Raume befand sich 1. eine grofse Dampfmaschine von 100 Pferdekräften zum Betriebe der grofsen Walzwerke und Scheren; 2. eine grofse Dampfmaschine von 80 Pferdekräften zum Betriebe des grofsen Cylindergebläses und des Aufzuges für den Hochofen, 3. zwei kleinere Dampfmaschinen von je 20 Pferdekräften zum Betriebe der grofsen Schwanzhämmer. Nahe beim Hochofen befanden sich die beiden grofsen Hämmer zum Bearbeiten des Eisens aus den Puddelöfen, die grofsen Walzwerke für Luppen, Stäbe, Flacheisen und Bleche, drei gewaltige Scheren, welche armdicke Eisenstangen wie dünne Wachsstöcke zerschnitten, eine Walzendrehbank, Reparaturwerkstätte, Schmiede, Messinggiefserei und das grofse Eisenmagazin. Ferner befand sich in dieser Abteilung die Gasfabrik des Werkes.

Die dritte Hauptabteilung bildete die Maschinenfabrik, welche viele Unterabteilungen umfafste, Eisen- und Kupferschmieden, 3 Schweifsöfen und 2 Schmiedeöfen für die Ankerschmiede, die mit einem riesigen Krahnen ausgerüstet war. Die eigentliche Eisenschmiede war eine lange Werkstatt, welche an beiden Seiten 24 Schmieden, die meisten davon mit zwei Feuern, hatte. Dieselbe gewährte einen überraschenden Anblick. Dann folgten die Montierungswerkstätte, die Kesselschmiede, die Kettenfabrik, zwei Stahlfabriken zur Herstellung von „Meteorstahl". Dann kam der grofse Arbeitsraum für die Werkzeugmaschinen, darunter befand sich eine Hobelmaschine mit einer Bahn von 50 Fufs Länge, auf welcher man Stücke von 40 Fufs Länge hobeln konnte.

In den oberen Räumen des grofsen Gebäudes befanden sich die Werkstätten für die feinere Eisenbearbeitung durch Drehen, Bohren, Richten, Feilen, Schlichten, Polieren u. s. w. Es ist nicht möglich, diese Abteilungen und die dazu gehörigen Magazine u. s. w. alle zu beschreiben.

Was die Giefserei von Seraing leisten konnte, hat sie unter anderem an dem kolossalen gufseisernen Löwen, welcher auf dem

Digitized by Google

Schlachtfelde von Waterloo aufgestellt wurde, bewiesen. Derselbe ist 13 Fuſs 11 Zoll hoch und wog 27470 kg. Im ganzen waren 1829 zu Seraing 15 Dampfmaschinen mit 450 Pferdekräften, entsprechend etwa 3150 Menschenkräften; es waren 2000 Arbeiter daselbst beschäftigt, und lieferte die Fabrik für $1^1/_2$ Millionen Gulden Ware. Hauptartikel waren Dampfmaschinen, hiervon lieferte das Werk 1825 bis 1829 22 Dampfschiffsmaschinen, 36 Bergwerks- und Pumpmaschinen und 50 Maschinen für Fabriken. Der Hochofen produzierte über 2000000 kg Roheisen im Jahre. Dieses Quantum reichte aber bei weitem nicht aus für den Bedarf der Eisenfabrik, wofür noch jährlich 2170000 kg deutsches und 2400000 kg belgisches Roheisen angekauft werden muſsten.

Wir sehen aus dieser kurzen Beschreibung, daſs das groſse Eisenwerk zu Seraing ganz im modernen Geiste mit allen Verbesserungen der englischen Eisenwerke errichtet war. Die meisten Arbeiter waren wenigstens anfänglich Engländer. Bei dem Hochofen waren englische Arbeiter bis zum Jahre 1830. Erst die Revolution in diesem Jahre hat mit den Holländern auch die Engländer aus Seraing vertrieben. Belgische Arbeiter traten an ihre Stelle, die aber ihre Schule bei den Engländern gemacht hatten. Ein englischer Unternehmer und englische Arbeiter sind die Begründer und Lehrmeister der modernen belgischen Eisenindustrie gewesen.

Cockerill war zwar der bedeutendste, aber nicht der einzige englische Unternehmer, der in Belgien gewirkt hat. Nicht lange, nachdem der erste Kokshochofen in Seraing angeblasen war, erbaute Bonehill 1825 auf der alten Eisenhütte zu Hourpes an der Sambre einen kleinen Kokshochofen nebst zwei Flamm- und mehreren Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens, ferner eine Kanonenbohrwerkstätte, denn damals hatte die Gesellschaft zu Hourpes, die ebenfalls den König Wilhelm der Niederlande zu ihren Aktionären zählte, die Absicht, gufseiserne Geschütze zu fabrizieren. Der Engländer Bonehill, der sich in Marchienne niederlieſs, hat einen groſsen Einfluſs auf die Entwickelung der belgischen Hochofenindustrie namentlich in der folgenden Periode ausgeübt.

Schon vor dieser Zeit waren an einigen Orten Holzkohlenhochöfen mit Koks betrieben worden, so zu Haudires bei Couillet 1822 und zu St. Roch bei Couvin 1823 oder 1824. Der Ofen zu Haudires war der erste Hochofen mit Koksbetrieb in Belgien. Doch haben sich diese kleinen Öfen nicht bewährt. Sie muſsten umgebaut werden, so auch 1830 der zu Hourpes, wobei man sie wesentlich vergröſserte.

Digitized by Google

Die Gestelle der belgischen Hochöfen wurden aus dem Kieselkonglomerat von Marchin erbaut. Zu Couillet, wo schon zuvor bei Haudires kleine Hochöfen mit 10 bis 12 Tonnen Tagesproduktion betrieben worden waren, wurde 1828 ein grofses Hüttenwerk mit sechs nach englischem Muster erbauten Hochöfen errichtet. Bald darauf entstanden auch die ersten Kokshochöfen zu Châtelineau.

Die ganze Roheisenproduktion Belgiens wurde in dieser Periode im eigenen Lande weiter verarbeitet.

Die ersten Puddelöfen nach denen zu Seraing waren von Henrard und Huart auf einem kleinen Werke bei Couillet in der Provinz Charleroi im Jahre 1821 erbaut worden. Diesem folgte 1823 das Blechwalzwerk von Orban zu Grivegnée bei Lüttich, sodann die Walzhütte von Dupont zu Fayt bei Charleroi, die 1824 erbaut und 1836 vergröfsert wurde; nach dieser die Walzwerke zu St. Roc und Pernelle in der Provinz Namur 1829.

1822 gab es in Belgien 93 Hochöfen, 206 Frischfeuer, 68 Hämmer, 19 Giefsereien und 17 Walzwerke, welche ungefähr 500000 Ctr. Stabeisen und 100000 Ctr. Gufswaren lieferten.

Deutschland bis 1830.

Deutschland hat keine so grofse Fortschritte in dieser Periode aufzuweisen; seine Industrie litt zu sehr unter den bereits angeführten Nachteilen. Zwar hatte die preufsische Regierung schon 1814 die Bergräte Eckardt und Krüger nach England geschickt, um die Fortschritte der Industrie dort kennen zu lernen. Eine Frucht dieser Reise war die Einführung des Gusses von Hartgufswalzen in der königlichen Eisengiefserei in Berlin 1822; auf die Ausbreitung des Steinkohlenbetriebes hatte sie keinen Einfluſs. Langsamer als in Frankreich und Belgien vollzog sich der Übergang zur modernen Betriebsweise in Deutschland, und nur ganz allmählich fand der Steinkohlenbetrieb in den reichen Kohlenbecken Westdeutschlands Eingang. Von einem nennenswerten Drucke des Steinkohlenbetriebes auf den Holzkohlenbetrieb war, soweit die inländische Industrie in Betracht kam, noch kaum etwas zu bemerken. Doch auch die wenig bedeutenden Anfänge sind von historischem Interesse.

In erster Linie gilt dies für Rheinland und Westfalen.

In Westfalen war die erste Dampfmaschine auf der Saline Königsbronn im Jahre 1798/99 errichtet worden. Der Cylinder war

Digitized by Google

aus England bezogen, die Aufstellung erfolgte unter Leitung des bekannten Oberbergrats Bückling. Im folgenden Jahre liefs Freiherr von Romberg zu Brüninghausen eine Dampfmaschine auf seiner Grube Vollmond aufstellen, die in Schlesien gebaut war. Bei Aufstellung dieser Maschine half ein Zimmermann, Franz Dienenthal von Horst im Kirchspiel Steele. Er war in seiner Jugend Schweinehirt gewesen, besafs aber mechanisches Genie, so dafs er, ohne Vorbildung und ohne Mittel, mit den mangelhaftesten Werkzeugen in den folgenden Jahren eine ganze Anzahl Dampfmaschinen für Bergwerke im Essener Bezirke baute und aufstellte. Die dafür erforderlichen Gufsstücke bezog er von der Gutenhoffnungshütte und zwar zuerst 1808 für eine Aachener Maschine, dann 1809 für die Zechen Rosendelle, Sälzer-Neuakt und Saline Königsbronn, 1810 für Zeche Dreck und Herrenbank, 1811 für die Zeche Gewalt in Überruhr, 1812 für die Zechen Wiesche, Karoline u. s. w. Dienenthal betrieb seinen Maschinenbau empirisch und handwerksmäfsig. Alles dieses vollzog sich noch unter der französischen Herrschaft.

Der erste, der in Westfalen nach dessen Wiedervereinigung mit Preufsen eine eigentliche Maschinenfabrik mit Dampfbetrieb und englischen Arbeitsmaschinen anlegte, war Friedrich Harkort im Jahre 1818. Dieser, der als der eigentliche Begründer der modernen Eisen- und Maschinenfabrikation in Westfalen angesehen werden mufs, war am 22. Februar 1793 auf Harkorten, dem alten Stammsitze seiner schon in der früheren Zeit um das märkische Eisenwesen verdienten Familie, geboren. Von seinem Vater, Johann Kaspar Harkort, für die Handlung bestimmt, besuchte er die Handelsschule in Hagen und trat dann in die Lehre. Hierauf machte er als Soldat den Befreiungskrieg mit und wurde 1815 bei Jumet verwundet. Nachdem sein Vater am 10. Mai 1818 gestorben war, legte er eine Gerberei an und betrieb einen Kupferhammer. In demselben Jahre lernte er Heinrich Kamp zu Elberfeld kennen und verband sich mit ihm zur Errichtung einer Maschinenfabrik nach englischer Weise. Sie erwarben für diesen Zweck die alte Burg zu Wetter und gründeten das Geschäft unter der Firma Harkort & Komp. Harkort reiste nach England, teils zu seiner Belehrung, teils um englische Arbeiter anzuwerben. Es gelang ihm, zwei englische Mechaniker, Godwin und Thomas, mit nach Wetter zu nehmen. Thomas hielt nicht lange stand, aber Godwin blieb nicht nur treu, sondern liefs auch nach einigen Jahren seinen sehr geschickten Sohn George, der nach Amerika ausgewandert war, von dort nachkommen. Auch der erste

Digitized by Google

Gieſsmeister Obrey, welcher bei Maudslay in London gearbeitet hatte, war ein Engländer. Derselbe blieb nicht lange und wurde nacheinander durch die Engländer Richmond, Roose und Potter ersetzt.

Die englischen Arbeiter waren teuer und anmaſsend, aber sie konnten damals bei den neuen Werkzeugmaschinen und dem Betriebe nicht entbehrt werden. Sie waren die Lehrer für das neue Geschlecht der märkischen Maschinenarbeiter. Harkort fand aber für sein Bestreben, englische Maschinen in Deutschland zu bauen, weder Verständnis noch Anerkennung; im Gegenteil hielt man sein Unternehmen für überflüssig, wenn nicht gar für schädlich, denn viele in dem Ruhr- und Wuppergebiete standen damals noch auf dem beschränkten Standpunkte, Maschinen und Maschinenarbeit für etwas Schädliches anzusehen. Harkort lieſs sich dadurch nicht beirren, und seine Dampfmaschinen fanden allmählich Absatz bei den Kohlenbergwerksbesitzern. Elberfeld und Barmen erhielten ihre ersten Dampfmaschinen aus der Fabrik zu Wetter. Man beschränkte sich nicht auf die Herstellung von Dampfmaschinen, sondern machte mechanische Webstühle, Heizapparate, hydraulische Pressen u. s. w. Harkort gründete eine Filiale in Berlin. 1822 wurde seine Maschinenfabrik in der Staatszeitung als „eine der merkwürdigsten und bewundernswertesten Anstalten in Deutschland“ besprochen.

Das nächste groſse Verdienst Friedrich Harkorts war die Einführung des englischen Puddelprozesses in Westfalen. Ehe wir diesen Vorgang schildern, dürfen wir nicht unterlassen hervorzuheben, daſs die preuſsische Regierung alle Bestrebungen zur Verbesserung der Eisenindustrie unterstützte und auf das liberalste förderte. Nach der groſsen Niederlage im Jahre 1806 hatte Preuſsen sich unter dem Einflusse des groſsen Ministers Stein zu einer Reorganisation im freiheitlichen Sinne aufgerafft. Auch auf dem Gebiete des Handels und der Industrie brach es mit dem überlieferten beschränkten Provinzialismus und bekannte sich bereits in der „Geschäftsinstruktion“ vom 26. Dezember 1808 zu freiheitlichen Grundsätzen für Handel und Gewerbe. Am 2. November erfolgte die Einführung der Gewerbefreiheit, und nachdem der Friede zurückgekehrt und Preuſsen eine neue Gestalt und neue Grenzen bekommen hatte, erfolgte am 26. Mai 1818 das wichtige freisinnige Zollgesetz, welches alle Zwischenzölle aufhob, die Landesgrenze zur Zollgrenze machte, Rohstoffen (Roheisen) freien Eingang gestattete und verarbeitete Stoffe (Schmiedeeisen und Stahl) mit einem mäſsigen Zoll von etwa 10 Prozent des damaligen

Digitized by Google

Wertes belegte. Dies Gesetz wirkte sehr segensreich und arbeitete der späteren Zolleinigung Deutschlands vor.

Kehren wir nach dieser zollpolitischen Abschweifung zur technischen Entwickelung der Eisenindustrie zurück.

Das Flammofenfrischen fand erst sehr spät Eingang in Deutschland. Einige erfolglose Bemühungen aus früherer Zeit haben wir bereits beschrieben. 1819 machte auch die fiskalische Verwaltung zu Geislautern an der Saar Versuche, im Flammofen zu frischen. Dieselben erwiesen sich aber als unökonomisch und wurden deshalb nicht fortgesetzt.

Erst im Jahre 1824 gelang es auf der Remyschen Eisenhütte zu Rasselstein bei Neuwied, den Puddelprozefs mit Erfolg durchzuführen. Es geschah dies mit Hülfe englischer Arbeiter, welche John Cockerill zu Seraing der befreundeten Firma für diesen Zweck vorübergehend überlassen hatte. Der preufsische Staat unterstützte die Besitzer Christian und Ferdinand Remy durch eine Prämie von 5000 Thlrn. und dadurch, dafs er die erforderlichen Steinkohlen aus den Saarbrücker Gruben für mehrere Jahre zum Gestehungspreise überliefs. Im darauffolgenden Jahre kam dort auch ein Stabeisenwalzwerk in Betrieb.

In demselben Jahre, 1825, wurde der Puddelbetrieb in Lendersdorf bei Düren eingeführt. Es geschah dies durch Wilhelm und Eberhard Hösch mit Hülfe des englischen Ingenieurs Dobbs auf dem Lendersdorfer Werke, das bis 1817 der Firma Deutgen angehört hatte. Dasselbe hatte sich schon im vorigen Jahrhundert in der Schneideisenfabrikation hervorgethan.

Ferdinand Remy begann dann 1825 mit dem Bau eines gröfseren Puddel- und Walzwerkes zu Alf an der Mosel, das am 5. Juni 1827 mit drei Puddelöfen, deren Betrieb drei englische Puddelmeister leiteten, einem Stirnhammer und einer Walzenstrafse eröffnet wurde.

Friedrich Harkort hatte erkannt, dafs es auch für Westfalen höchste Zeit sei, zu dem neuen Verfahren überzugehen. Er erliefs 1824 einen Aufruf, um eine Aktiengesellschaft für diesen Zweck zu gründen. In diesem[1]) sagte er: „Einst gab es eine Zeit, wo unser Eisengewerbe über alle hervorragte — das hat sich gewendet. Unsere Eisenhütten werden im Durchschnitt jämmerlich betrieben, kleine Öfen, schlechtes Gebläse, verschiedenes Material und geringe Erzeu-

[1]) Siehe Westfälischer Anzeiger Nr. 74, 1824 und „Der alte Harkort" von L. Beyer, S. 165.

Digitized by Google

gung sind die Folgen des geteilten Besitzes. Die Selbstkosten kommen 30 Prozent höher als in England. Die Band- und Reckeisenhämmer sind nicht im stande, in einer Woche soviel Schmiedeeisen zu liefern, wie ein Walzwerk mit gleicher Anzahl Arbeiter in einem Tage. Fügen wir nun die vergeblichen Frachten von einem Werke zum andern hinzu, dann ist leicht erklärlich, dafs die Ausländer das Eisen 40 bis 60 Prozent billiger erzeugen und wir von dem ausländischen Markte verdrängt werden mufsten; wie nicht minder, warum Schweden und England ihr Eisen bis nach dem Oberrhein versenden." Er weist dann auf die Bedeutung des Puddelprozesses in England, auf die neuen Werke am Rasselstein und in Eschweiler hin, hebt die Vorzüge der westfälischen Steinkohle hervor und fordert zum Beitritt zu einer Aktiengesellschaft auf.

Aber die ängstlichen märkischen Gewerken konnten sich zu einer solchen That nicht aufschwingen. Harkorts Aufruf hatte keinen Erfolg. Erfüllt von der Wichtigkeit und Dringlichkeit der Sache beschlofs er, dieselbe selbst in die Hand zu nehmen, reiste 1826 abermals nach England, warb erfahrene Puddel- und Walzarbeiter an und errichtete das erste Puddelwerk in Westfalen im nördlichen Burggraben der Burg zu Wetter. Der erste Puddelmeister hiefs Mac Mullen, der Hammerschmied Lewis, der Walzer Swift. Sie wurden die ersten Lehrmeister der westfälischen Eisenarbeiter, die sich rasch die neue Arbeitsmethode zu eigen machten.

Nachdem Harkort die Bahn gebrochen, den Weg gezeigt und geebnet, folgten bald auch andere Fabrikanten nach, zuerst 1828 Eduard Schmidt zu Nachrodt bei Iserlohn, Lohmann und Brand in Witten und andere mehr. Harkort selbst schrieb darüber: „Das Verfahren verbreitete sich rasch in der Grafschaft Mark und kam von Wetter aus durch Ingenieure, Arbeiter und gelieferte Maschinen auch nach Schlesien. Die Revolution in der Eisenfrischerei und Stabeisenstreckung war in wenigen Jahren eine vollendete Thatsache."

Harkort legte ferner ein Blechwalzwerk an, das ihm die Bleche für seine neu errichtete Kesselschmiede lieferte.

Harkort gebührt dafür das gröfste Verdienst, hauptsächlich auch dafür, dafs er sein Werk nicht verschlofs, sondern es gern jedem, der es sehen wollte, zeigte, und die, welche ähnliche Anlagen machen wollten, mit Rat und That unterstützte.

So hatte das Werk zu Wetter die Bahn gebrochen für die gewaltige Steinkohlen-Eisenindustrie Westfalens.

Friedrich Harkort hat aufserdem noch folgende Neuerungen

Digitized by Google

in der Mark eingeführt: Die Kupolöfen mit Stichherd in der Gieſserei; das Formen schwieriger Maschinenstücke in Sand und den Guſs von Hartwalzen; die Anfertigung und Verwendung eiserner Getriebe, namentlich der konischen Räder und deren genaue Modellierung nach richtigen Grundsätzen; verbesserte Konstruktionen der Cylindergebläse und Wasserräder; die Herstellung der ersten doppeltwirkenden Dampfmaschine bis zu 100 Pferdekräften; die Einrichtung einer Kesselschmiede nach englischer Methode und die dazu erforderlichen Maschinen und Gerätschaften; die Anfertigung der ersten Heizapparate mit warmer Luft; die feinere Schleiferei von Stahlwaren (mit Hülfe des Mechanikers Prinz aus Aachen), sowie die englische Kreissäge.

1828 wurde mehr durch Zufall auch der erste Puddlingstahl zu Wetter gemacht und durch Messerschmiede zu Schneidwerkzeugen verarbeitet. Man verfolgte aber damals diese Entdeckung nicht.

Bereits 1826 war zu Wetter unter Beistand des verdienten Siegenschen Oberhütteninspektors Zintgraff ein kleiner Hochofen mit eisernem Mantel angelegt worden. Auch stellte der weitsichtige Harkort damals bereits einen Hüttenchemiker namens Goldtammer an, obgleich man darüber spottete, weil niemand begreifen konnte, was ein Chemiker in einem Eisenwerke nützen sollte. Goldtammer war aber ein sehr fähiger Mann. Er wies den Black-band im Ruhrgebiete auf der ganzen Erstreckung der Kohlenflötze von Aplerbeck bis Essen nach und lieferte die erste Analyse des Kohleneisensteins im westfälischen Steinkohlengebirge. Harkort versuchte eine Belehnung auf denselben zu erlangen, aber das Bergamt erkannte das Mineral nicht als ein Eisenerz an und verweigerte die Mutung. Um dieselbe Zeit legte aber Goldtammer bedeutende Mutungen auf Roteisenstein in der Nähe von Wetzlar für Harkort ein; ebenfalls ein Beweis von dem scharfen, weitausschauenden Blicke Harkorts, denn um jene Zeit war noch nicht daran zu denken, die Erze von Wetzlar nach Wetter zu schaffen.

1829 erwarb Harkort auch die Berechtigung einer verfallenen Hütte von Elben bei Olpe und erbaute auf einem angekauften Gefälle bei Rüblinghausen ein neues Hochofenwerk, die Henriettenhütte, um hier unter Anwendung von Koks als Brennmaterial die vortrefflichen Erze der benachbarten Gruben Vahlberg, Löh, Molitor u. a. zu Roheisen zu verschmelzen. Die Koksbereitung war vor 1830 in Westfalen eine fast unbekannte Sache. Nur auf einigen kleinen Gruben bei Witten wurde damals in offenen Meilern aus Stückkohlen Koks dargestellt. Die Hüttenwerke, die mitten im Steinkohlengebiete

Digitized by Google

der Ruhr lagen, wurden damals alle noch mit Holzkohlen betrieben.

Am 28. April 1820 war zu Sterkrade die erste doppeltwirkende Gebläsemaschine in Betrieb gesetzt worden und am 22. Juli desselben Jahres errichtete die Gutehoffnungshütte eine eigene Werkstätte für den Bau von Dampf- und Gebläsemaschinen. Es war dies die letzte Schöpfung Gottlob Jakobis, der so viel für die Eisenindustrie gewirkt hat und zu den Hauptförderern des Dampfmaschinenbetriebes in der deutschen Eisenindustrie gezählt werden muſs. Die Eisenhütten bei Sterkrade, die Gutehoffnungshütte und die Antonienhütte gingen damals noch ausschlieſslich auf Guſswaren. Erstere hatte auſser dem Hochofen noch drei Kupolöfen (6 Fuſs 5 Zoll, 6 Fuſs 6 Zoll und 6 Fuſs 9 Zoll hoch) und einen Flammofen, machte besonders Maschinenguſs und feineren Guſs, während die Antonienhütte mehr die groben Guſsstücke lieferte. Die Hochöfen wurden ausschlieſslich mit Holzkohlen betrieben.

Im Kreise Hamm erwarben sich Kaspar und Wilhelm Hobrecker Verdienste um Verbesserungen in der Eisenindustrie. Ersterer, 1819 von Amerika zurückgekehrt, legte mit seinem Bruder, der Schlosser war, an der Lippe ein Blechwalzwerk an. 1828 erweiterten sie die Anlage zu einem Eisenhammer mit Puddelofen und fügten später eine Drahtwalze und Drahtzieherei hinzu.

Freiherr Theodor von Dücker legte 1826 zu Rödinghausen ebenfalls ein Blechwalzwerk an. Durch diese Anlagen ging der Betrieb der Breithämmer im Kreise Olpe zurück.

Besonders wichtig waren aber die Gründungen von Piepenstock, Vater und Sohn, zu Neu-Öye[1]) und Hörde. Der alte Kaspar Diedrich Piepenstock war gewöhnlicher Arbeiter gewesen, hatte sich aber durch einen erstaunlichen Unternehmungs- und Geschäftsgeist zu einem bedeutenden Fabrikanten emporgearbeitet. Er machte anfänglich allein mit seiner Frau Haarnadeln und Haken und Augen, die er selbst auf dem Rücken nach Holland trug und dort verkaufte. Als sein Sohn Hermann Diedrich (geboren am 6. August 1782) heranwuchs, nahm er ihn mit auf den Hausierhandel, und bald konnten sie sich ein einspänniges Gefährt anschaffen. Von Jahr zu Jahr nahm der Absatz und der Verdienst zu, und der Gewinn war in den Kriegsjahren eher gröſser als geringer. Als die napoleonische Herrschaft in Deutschland ein Ende hatte und der Friede zurück-

[1]) Siehe Jakobi, a. a. O., S. 357.

Digitized by Google

gekehrt war, legte der alte Piepenstock sein sauer verdientes Vermögen in Fabrikanlagen an. Er stand, obgleich er nicht einmal seinen Namen schreiben konnte, an der Spitze vieler Unternehmungen und starb als ein reicher und hochangesehener Mann. Sein Sohn vermehrte den Ruhm der Firma K. D. Piepenstock, legte 1828 bis 1831 die erste Weifsblechfabrik in Westfalen zu Neu-Öye an und gründete 1839 das Puddel- und Walzwerk zu Hörde.

Das erste Plattenwalzwerk in Deutschland, welches der Landrichter Göcke 1789 zu Elverlingsen errichtet hatte, nachdem er bereits 1780 eines für Kupferbleche auf dem Gefälle des aufgelassenen Kupferbergwerkes Karoline in der Rhamede angelegt hatte, war eingegangen, weil es damals an dem zum Walzeisen gehörig vorgeschmiedeten Stabeisen fehlte. Doch wurde dieses Walzwerk 1817 von F. Göcke und U. Aldehoff mit Unterstützung des Staates in eine Drahtwalze verwandelt, kam aber erst von 1822 an, nachdem es in den Besitz von Joh. Heinr. Schmidt, des Gründers des Nachrodter Puddel- und Walzwerkes, übergegangen war, in Blüte. Dieses erste Drahtwalzwerk beschränkte sich anfangs darauf, den gespaltenen Osemund blofs zu runden und wurde erst später, nachdem fast gleichzeitig in Eschweiler die erste vollständige Drahtwalze nach englischem Muster entstanden war, in derselben Weise eingerichtet.

1827 legte Fr. Thomée die wichtige Drahtfabrik zu Ütterlingsen an.

1830 entstand im Siegerlande die erste Giefserei zweiter Schmelzung, indem der Gewerke Achenbach aus Fickenhütten bei Tiefenbach einen Flammofen errichtete und daraus Walzen für sein Blechwalzwerk gofs.

Über die Bedeutung des Frischstahlgewerbes giebt folgende Übersicht ein Bild. 1824 zählte man

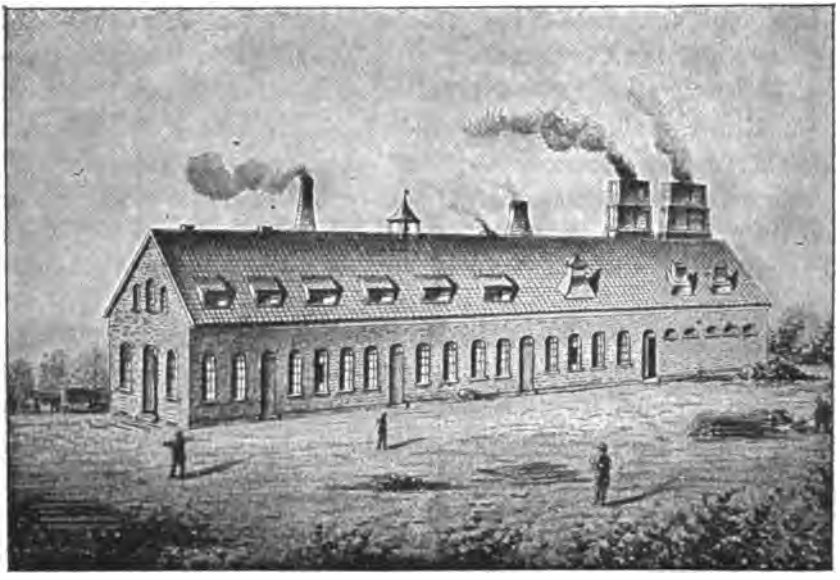
im Kreise	Hagen	28	Rohstahlhämmer	u.	70	Raffinier- u. Reckstahlhämmer
„	„	Siegen	11	„	„ —	„	„ „
„	„	Olpe	18	„	„ 1	„	„ „
„	„	Altena	11	„	„ 14	„	„ „

Friedrich Krupp zu Essen erwarb sich durch die Güte seines Gufsstahles Anerkennung, besonders bewährte sich sein Stahl für Münzstempel, und bereits im Jahre 1818 waren seine Münzstempel nicht nur in Berlin und mehreren deutschen Münzen, sondern auch in Wien und namentlich in St. Petersburg in Gebrauch. Aufserdem waren die Kruppschen Stahlwalzen für Münzen und seine Loh-

Digitized by Google

gerberwerkzeuge renommiert. Ende des Jahres 1818 begann Friedrich Krupp mit dem Bau einer neuen, gröfseren Fabrik im Westen der Stadt Essen, etwa $^1/_4$ Stunde von dem Weichbilde der Stadt. Das neue, $183^1/_2$ Fufs lange Fabrikgebäude, dessen Bau trotz der zunehmenden Geldverlegenheit, in die Krupp geriet, und trotzdem die Regierung seine Bitte um Gewährung eines Darlehns hartnäckig unberücksichtigt liefs, rüstig gefördert worden war, konnte am 18. Oktober 1819 eingeweiht werden. Fig. 106 zeigt die Abbildung dieser alten Kruppschen Fabrik[1]). An diesem Tage wurde zum erstenmal darin geschmolzen. Diese Hütte, welche im Mittelpunkte des jetzigen

Fig. 106.



Riesenwerkes von Krupp gelegen war, und aus der dieses nach und nach herausgewachsen ist, enthielt einen Schmelzbau für 60 Tiegel-Schmelzöfen, von denen aber nur 8 fertig gestellt waren. In jeden Schmelzofen wurde ein Tiegel eingesetzt, in dem 25 Pfund Gufsstahl geschmolzen wurden, die Schmelzung dauerte je nach der Beschickung 3 bis 5 Stunden; in 24 Stunden konnte zweimal geschmolzen werden, was also im ganzen 16 Güsse ergab. Die Schwere der Güsse konnte bis zum Tode Friedrich Krupps 1826 auf 40 Pfund gesteigert werden. Cementstahl wurde, wenn solcher abgegeben wurde, nur in

[1]) Siehe Alfred Krupp von Diedrich Bädeker, 1889.

Digitized by Google

rohem Zustande verkauft. Die Feilenfabrik hatte aufgehört. In der neuen Fabrik war weder eine Dampfmaschine, noch ein Hammer. Alle Güsse mufsten zum Verschmieden nach der alten Fabrik gebracht werden. Der dortige neue Hammer (von 1818) war aber so schwach, dafs er nur Gufsstahl von 3 Zoll Dicke schmieden konnte. Das Walzen von Gufsstahl zu Platten mufste durchgängig anderen Werken, namentlich dem Walzwerke des „Mechanikus" Franz Dienenthal in Spillenberg bei Essen, des Erbauers der ersten Blechwalzen sowie der ersten Dampfmaschinenfabrik am Niederrhein, übergeben werden. Obgleich sich das Werk von Jahr zu Jahr hob und Krupp mehr Aufträge bekam, als er ausführen konnte, befand er sich doch damals in andauernder Geldklemme, aus der ihn weder seine Familie noch seine Freunde, die immer noch nicht an die Zukunft seines Unternehmens glauben wollten, befreiten. Dies drückte oft schwer auf ihn, so dafs er 1820 ernstlich daran dachte, nach Rufsland auszuwandern.

Um den Ruf seines Geschäftes zu heben, legte er 1821 Proben seines Gufsstahls dem Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in den königl. preufsischen Staaten in Berlin vor. Nach gründlicher Prüfung bekundete dieser 1822 öffentlich, „dafs Herr Friedrich Krupp in Essen an der Ruhr durch langjährige Versuche und grofse Aufopferungen es so weit gebracht hat, dafs sein Gufsstahl im allgemeinen den Vorzug vor dem englischen hat. . . . Sein Fabrikat ist von der Abteilung für Manufakturen und Handel in Berlin sorgfältig untersucht und dahin beurteilt worden, dafs es an Brauchbarkeit und innerer Güte dem besten englischen Stahl gleichzuachten, ja in mehrfacher Hinsicht ihm vorzuziehen ist" [1]).

So ehrenvoll diese Anerkennung war, so konnte sie doch Friedrich Krupp, dessen Gesundheit so erschüttert war, dafs er oft viele Monate lang, von heftigen Schmerzen gepeinigt, arbeitsunfähig war, nur wenig nützen. Da ihn niemand im Geschäfte ersetzen konnte, so mufste dieses zurückgehen. Die traurige Lage, in die die Familie geriet, zwang dieselbe, ihre Wohnung in der Stadt aufzugeben und ein kleines Arbeiterhäuschen bei dem Werke, welches für einen der Meister errichtet worden war, zu beziehen. Am 8. Oktober 1826 raffte die Brustwassersucht den thätigen Mann hinweg. In dieser schwierigen Lage mufste der erst 14 Jahre alte Alfred Krupp, der älteste Sohn von Friedrich Krupp, das väterliche Geschäft antreten.

[1]) Der ausführliche Bericht befindet sich in der 5. Lieferung der Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleifses.

Digitized by Google

In den Zeitungen erschien folgende Bekanntmachung der Witwe des Verstorbenen:

> Den geschätzten Handlungsfreunden meines verstorbenen Gatten beehre ich mich die Anzeige zu machen, dafs durch sein frühes Hinscheiden das Geheimnis der Bereitung des Gufsstahles nicht verloren gegangen, sondern durch seine Vorsorge auf unseren ältesten Sohn, der unter seiner Leitung schon einige Zeit der Fabrik vorgestanden, übergegangen ist, und dafs ich mit demselben das Geschäft unter der früheren Firma von „Friedrich Krupp" fortsetzen und in Hinsicht der Güte des Gufsstahles, sowie auch der in meiner Fabrik daraus verfertigten Waren, nichts zu wünschen übrig lassen werde.
>
> Die Gegenstände, welche in meiner Fabrik verfertigt werden, sind folgende: Gufsstahl in Stangen von beliebiger Dicke, desgl. in gewalzten Platten, auch in Stücken, genau nach Abzeichnungen der Modelle geschmiedet, z. B. Münzstempel, Stangen, Spindeln, Tuchscherblätter, Walzen u. dergl., wie solche nur verlangt und aufgegeben werden, sowie auch fertige Lohgerberwerkzeuge.
>
> Gufsstahlfabrik bei Essen, im Oktober 1826.
>
> Witwe Therese Krupp geb. Wilhelmi.

Alfred oder richtiger Alfried Krupp war am 26. April 1812 zu Essen geboren. Ungewöhnlich früh entwickelte er sich zur Selbstständigkeit und Reife. Schon am 4. Oktober 1825, als er erst $13^1/_2$ Jahre alt war, hatte der Vater, nach Entlassung eines ungetreuen Buchhalters und eines unzuverlässigen Faktors, bekannt gemacht, dafs er von nun an mit Hülfe seines ältesten Sohnes das ganze Geschäft allein besorgen werde. Doch arbeitete Alfred, der das Gymnasium in Essen besuchte, nur in seinen Freistunden bei dem Vater. Ostern 1826 aber nahm ihn dieser ganz in sein Geschäft. Der Knabe mufste schon oft den leidenden Vater vertreten. Dieser erreichte aber trotz seiner Schmerzen und seiner schweren Krankheit das eine, dafs er den begabten Sohn zum Hüttenmann ausbildete und ihm alle Kenntnisse und Erfahrungen mitteilte, die er selbst im Leben erworben hatte. Er bestimmte vor seinem Tode, dafs seine Witwe das Geschäft weiterführen sollte, da er seinen Sohn für fähig erachtete, die Fabrik zu leiten. So wurde der 14jährige verantwortlicher Chef, allerdings an der Seite seiner treuen Mutter, die an Klugheit und Energie keinem Manne nachstand. Früh aber lernte Alfred Krupp die sorgenvolle Last der Verantwortlichkeit kennen. Es war keine leichte Aufgabe für

Digitized by Google

eine Witwe und einen 14jährigen Knaben, ein verschuldetes Geschäft aufrecht zu erhalten.

Die Fabrik hatte damals nur vier ständige Arbeiter. „Ich stand", so sagte Alfred Krupp später in seinem bekannten Aufruf an seine Arbeiter, „an den ursprünglichen Trümmern dieser Fabrik, dem väterlichen Erbe, mit wenigen Arbeitern in einer Reihe. Der Tagelohn für Schmiede und Schmelzer war damals von 18 Stüber auf $7^1/_2$ Sgr. erhöht, der ganze Wochenlohn betrug 1 Thlr. 15 Sgr. Fünfzehn Jahre lang habe ich gerade so viel erworben, um den Arbeitern den Lohn ausbezahlen zu können; für meine eigene Arbeit und Sorgen hatte ich nichts weiter als das Bewufstsein der Pflichterfüllung." Die ganzen Sorgen eines bedrängten Familienvaters lasteten auf dem Jüngling. Aus so schwerer Lebensschule ging der weltberühmte Krupp hervor.

Die Rheinprovinz war durch den Wiener Frieden 1815 dauernd mit Preufsen vereinigt worden, mit ihr die alten Eisenindustriegebiete der Eifel und der Saar. — Die zahlreichen Holzkohlenhütten der Eifel wurden weiter betrieben, doch litten sie unter dem Druck hoher Holzkohlenpreise, infolge der fortschreitenden Entwaldung der Eifel. Diese wurde nicht mehr gehemmt durch die Waldschutzgesetze der kleinen Territorialherren, wie in den früheren Jahrhunderten, und so fand eine für die einheimische Eisenindustrie höchst verderbliche Ausfuhr von Holzkohlen nach anderen Gebieten des preufsischen Staates statt. Dazu begann seit der Mitte der 20er Jahre die Konkurrenz der Steinkohle sich in nachteiliger Weise für die Eifelwerke fühlbar zu machen. Dagegen begann sich die moderne Eisenindustrie mit Steinkohlenbetrieb in Eschweiler und Düren zu entwickeln. 1822 fing man in Eschweiler an, Draht zu walzen. 1825 hatte Hösch den ersten Puddelofen zu Lendersdorf bei Düren in Betrieb gesetzt.

Die Nadelfabrikation in Aachen verarbeitete um 1820 150000 kg Draht im Jahre und lieferte daraus für 1 Million Franken Ware [1]).

Der Pariser Friede von 1815 beliefs von den Eisenhütten des Saargebietes [2]) nur diejenigen in der Nähe von Creutzwald und Homburg bei Frankreich, während die Werke zu Neunkirchen, Geislautern, Fischbach, Halberg, Scheid, Rentrisch, Dillingen und Bettingen, sowie das Stahlwerk Gaffontaine an Preufsen, die St. Ingberter Hütte an Bayern fiel. In landesherrlichem Besitz befand sich von diesen sämtlichen Eisenwerken nur noch die Hütte von Geislautern,

[1]) Nähere Angaben über die Nadelfabrikation in Aachen und Altena siehe Dinglers polyt. Journ. 5, 55.

[2]) Siehe A. Hafslacher, Das Industriegebiet an der Saar, S. 43.

Digitized by Google

welche indes 1827 ebenfalls in Privatbesitz an die Gebrüder Stumm, bezw. an die Gesellschaft der Dillinger Hüttenwerke, in welche die Gebrüder Friedrich Philipp, Christian und Ferdinand Stumm im Jahre 1818 als Hauptbeteiligte eingetreten waren, überging. Die Verhältnisse für die Saarhütten gestalteten sich nach 1815 wenig günstig. In den 20er Jahren nahm man auf der Geislauterner Hütte die Versuche mit Koksbetrieb wieder auf. Es führte dies zur Erbauung höherer Öfen, einen anderen Erfolg hatten diese Versuche aber nicht. Erst nach 1848 wurde dieser Betrieb, der zu Hayange in Lothringen schon seit 1825 eingeführt worden war, allgemein.

Auch die 1825 und 1826 zu Geislautern ausgeführten gröfseren Versuche der Reduktion von Eisenfrischschlacken und Eisenerzen im Flammofen (s. S. 252) blieben ohne wesentliche Resultate. Erst die Einführung des englischen Puddelbetriebes brachte einen durchschlagenden Erfolg bei der Stabeisenfabrikation. Nachdem auf der Rasselsteiner Hütte zu Neuwied 1824 der erste Steinkohlen-Puddelofen Deutschlands und 1825 die erste Kaliber-Walzenstrafse erbaut worden war, wurde das erste Puddlings- und Walzwerk des Saargebietes erst 1831 auf der Hütte zu Neunkirchen errichtet. Bald darauf folgten auch die Hütten zu St. Ingbert und Geislautern mit dem Puddelbetriebe nach.

In Schlesien machte der Steinkohlenbetrieb nur langsame Fortschritte. 1816 zählte man auf den Privatwerken[1]) 40 Hochöfen, 127 Frischfeuer, 26 Schneidwerke, 2 Walzwerke und 2 Drahtzüge, welche zusammen 1222 Arbeiter beschäftigten und für 868650 Thlr. verschiedene Eisensorten lieferten, nämlich 181863 Ctr. Roheisen, 122890 Ctr. Stabeisen, 13334 Ctr. Gufswaren, 2089 Ctr. Schwarzblech, 251 Ctr. Weifsblech und 110 Ctr. Eisendraht. Unter den 40 Hochöfen waren nur 2, die mit Koks betrieben wurden, die Antonienhütte bei Neudorf und die Hohenlohehütte bei Bittkow. 1822 befanden sich auf dem letztgenannten Werke 2 Hochöfen, welche durch einen Gichtturm getrennt waren und durch Cylindergebläse betrieben wurden.

Die königlichen Werke zählten 1816 7 Hochöfen, welche meistens mit Koks betrieben wurden, 16 Frischfeuer und 2 Blechhütten; sie beschäftigten 595 Arbeiter und erzeugten für 294480 Thlr. Eisen, nämlich 20665 Ctr. Gufswaren, 39928 Ctr. Masseleisen, 18517 Ctr. Schmiedeeisen, 510 Ctr. Rohstahl, 829 Ctr. Schwarzblech und 689 Ctr. Weifsblech. Die Königshütte besafs 4 Hochöfen. Die Rybnikerhütte

---

[1]) Manés, Sur les usines à fer de la Silésie supérieure. Annales des mines 1825, p. 321.

Digitized by Google

war 1810 erbaut worden und bestand aus einer Frischhütte für Holz- und Steinkohlenbetrieb und einem Walzwerke.

Man hatte auf dieser Hütte, um Holzkohle zu sparen, oder vielmehr, um mit dem der Hütte zugewiesenen Holzquantum eine gröfsere Produktion zu erzielen, bei der Stabeisenfabrikation eine eigentümliche Kombination von Steinkohlen- und Holzkohlenbetrieb eingeführt. Das Roheisen wurde in Flammöfen mit Steinkohlen eingeschmolzen und dann in Herden mit Holzkohlen wie sonst gefrischt. Dieses Verfahren erwies sich aber als unökonomisch. Man änderte es deshalb dahin ab, dafs man die Eisenmasseln in den Flammöfen nur vorwärmte und sie glühend in den Frischherd brachte. Hierdurch wurde ebenfalls eine merkliche Ersparnis an Holzkohlen erzielt. Der Herd des Flammofens war 11 Fufs lang, 32 Zoll breit und das Gewölbe 22 Zoll hoch.

Die Öfen hatten drei Thüren. Ein eiserner Wagen diente zum Transport der glühenden Roheisenstücke. Das gefrischte Eisen wurde nicht unter dem Hammer, sondern unter Walzen ausgereckt. Man konnte bei diesem Verfahren mit derselben Menge Holzkohlen die doppelte Menge Eisen frischen.

In Sachsen machte Alex 1826 im Auftrage des Grafen Einsiedel zu Lauchhammer interessante Versuche, mit Torf zu puddeln.

Werfen wir nun einen Blick auf die allgemeinen Eisen-, Zoll- und Handelsverhältnisse Preufsens in den Jahren 1816 bis 1830, so war anfänglich die einheimische Industrie der englischen Konkurrenz schutzlos preisgegeben und durch die billige englische Einfuhr lahmgelegt. Die Notschreie der Industriellen veranlafsten die Einsetzung einer Specialkommission, was zur Einführung eines 10prozentigen Wertzolles führte. Dagegen wurden durch das Zollgesetz vom 26. Mai 1818 Accise und Binnenzölle, sowie die meisten Handelsverbote abgeschafft. Für Roheisen blieb der Eingang frei, während der Ausgang mit 1,50 Mark pro Centner belegt wurde. Für Schmiedeeisen wurden zwei Tarife eingeführt, ein höherer für die östlichen, ein niedrigerer für die westlichen Provinzen; dort wurde die Einfuhr mit 3 Mark, hier mit $1^1/_2$ Mark Zoll pro Centner belastet. 1821 wurde ein einheitlicher Tarif für ganz Preufsen erlassen. Hohe Durchfuhrabgaben zwangen die kleineren deutschen Nachbarstaaten zum Zollanschlufs. Am 14. Februar 1828 wurde der erste Zollverein zwischen Preufsen und dem Grofsherzogtum Hessen geschlossen, aus dem sich in den folgenden Jahren der deutsche Zollverein entwickelte.

Seit dem Jahre 1823 wurden in Preufsen regelmäfsige statistische

Digitized by Google

Erhebungen der Bergwerks- und Hüttenproduktion durch die Bergbehörde angestellt. Aus diesen sind die nachfolgenden Übersichten der Eisenerzeugung Preufsens bis 1830 zusammengestellt.

Die Eisen- und Stahlerzeugung in Preufsen.

Jahr	Hauptbergdistrikt	Roheisen u. Rohstahleisen	Gufswaren	Schmiedeeisen	Rohstahl	Cementstahl	Gufsstahl	Schwarzblech
		Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1823	Brandenburg-Preufsen . .	796	1 432	1 515	—	37	—	99
	Schlesien . .	17 600	1 430	10 600	34	17,5	—	165
	Niedersachsen, Thüringen .	1 180	—	1 662	207	—	—	391
	Westfalen . .	88	2 045	144	—	—	4,2	?
	Rheinland . .	21 070	318	16 570	1978	—	—	?
	Sa.	40 734	5 225	30 491	2219	54,5	4,2	655
1825	„	40 850	9 383	27 336	2850	251	3,7	745
1827	„	45 870	10 918	33 814	3165	200	2,8	789
1830	„	45 720	13 620	37 320	2815	31	3,7	1580

Nach den Hauptbergdistrikten verteilte sich die Roheisenproduktion Preufsens von 1823 bis 1830 wie folgt:

Jahr	Brandenburg-Preufsen	Schlesien	Niedersachsen, Thüringen	Westfalen	Rheinland	Ganz Preufsen
	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1823	817	17 589	1180	90	21 070	40 746
1824	678,5	15 812	1149	240	18 988	36 867,5
1825	660	19 313	962	99	19 802	40 836
1826	337	19 741	896	224,5	22 294	43 492,5
1827	341,5	21 398	872	136	23 192	45 939,5
1828	351	21 491	993	356	20 588	43 779
1829	332	22 250	1086,5	214	22 805	46 688
1830	331	22 916	851	233	21 360	45 601

Produktion von Gufswaren (erster und zweiter Schmelzung) in Preufsen, 1823 bis 1830.

1823	1434	1431	—	2044	314	5 223
1824	921	2703	139	1454	3303	8 520
1825	913	2626	110	2014	3714	9 377
1826	2031	2640	97	2352	3544	10 664
1827	1579	2696	196	2653	3799	10 923
1828	1651	2704	141	3088	4105	11 689
1829	8557	2510	253	3833	4004	19 157
1830	1926	3077	278	3615	4720	13 616

Digitized by Google

Produktion von Schmiedeeisen in Preufsen von 1823 bis 1830.

Jahr	Brandenburg-Preufsen	Schlesien	Niedersachsen, Thüringen	Westfalen	Rheinland	Ganz Preufsen
	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1823	1517	10 651	1661	144	16 561	30 534
1824	1421	11 701	1657	166	13 007	27 752
1825	1722	11 002	1464	493	12 644	27 325
1826	1710	12 431	1521	446	15 418	31 526
1827	2386	13 011	1566	459	15 384	32 806
1828	2754	15 260	1754	544	15 770	36 082
1829	2297	16 266	1806	564	17 778	38 711
1830	2236	15 106	1761	559	17 630	37 292

Roheisen-Produktion, Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch in Preufsen (1825 bis 1831) und dem preufsisch-hessischen Zollverein (1832 bis 1833).

Jahr	Hochofen-produktion	Einfuhr	Ausfuhr	Verbrauch	
				in Tonnen	pro Kopf der Bevölkerung
	Tonnen	Tonnen	Tonnen		kg
1825	40 836	8 955	9 911	39 880	3,47
1826	43 492,5	10 624	17 054	37 063,5	—
1827	45 939,5	10 978	15 512	41 405,5	—
1828	43 779	11 092	15 233	39 638	3,33
1829	46 688	11 473	14 812	43 349	—
1830	45 691	12 170	10 383	47 278	—
1831	52 073	14 538	11 465	56 146	4,52
1832	66 766	16 521	18 931	64 356	—
1833	67 393	14 560	20 444	61 509	4,44

Die in diesen Perioden betriebenen Eisenhütten des Hannöverschen Oberharzes[1]) waren die Elbingeroder Hütten Rothehütte, Elend und Mandelholz, sodann die Königs- und Steinrennerhütte, die Clausthaler Hütten bei Altenau und Silbernaal und die in der Weserebene liegende Sollingerhütte mit dem Stahlwerk bei Uslar. Sie enthielten 6 Hochöfen nebst den dazu gehörigen Gieſsereien, 16 Frischfeuer, 3 Zain- und Reckfeuer, 1 Walz- und Schneidewerk, 1 Blechhammerwerk, 1 Drahtzug, 1 Roh- und Raffinierstahlwerk, 1 Gufsstahlhütte, 1 Bohr- und Drehwerk und 1 Emaillirwerk. Die Fortschritte im Eisenhüttenwesen seit Anfang des Jahr-

[1]) S. Hausmann, Über den gegenwärtigen Zustand und die Wichtigkeit des Hannöverschen Harzes 1832, S. 181.

Digitized by Google

hunderts bestanden in der Anlage zweckmäfsiger und geschmackvoller Gebäude, besserer Maschinen, vorteilhafteren Betriebes und in einer sorgfältigen Ordnung und Verwaltung, die mustergültig war. Im übrigen hielt man an dem Hergebrachten mit Zähigkeit fest. Die Eisensteine wurden noch meistens von Eigenlöhnern [1]) gewonnen. Ihr Eisengehalt wurde durch die trockene oder Schmelzprobe ermittelt und hat sich um Einführung und Ausbildung dieses Probierverfahrens im Harz der Bergkommissar Ilsemann sen. besonderes Verdienst erworben. Die Röstung der Erze geschah in Haufen. Als Brennmaterial dienten Holzkohlen, nur der Schweifs- und Glühofen des neuen Uslarer Walz- und Schneidewerkes wurde mit Steinkohlen gefeuert. Die Preise der Erze stellten sich im Durchschnitt auf circa $2^1/_2$ Rthlr. für das Fuder von 16 Ctr., die der Holzkohlen ebenfalls circa $2^1/_2$ Rthlr. für die Karre zu 10 Mafs oder 100 Kubikfufs. Die gerösteten Erze wurden gepocht und im Möller unter sich und mit dem Flufsmittel sorgfältig gattiert. Der Eisengehalt der Erze schwankte zwischen 26 und 38 Proz. Die neueren Hochöfen waren 30 bis 35 Fufs hoch und im Kohlensack 7 bis 8 Fufs weit. Nur einige neuere Öfen hatten zwei Formen, alle anderen wie früher eine. Der wichtigste Fortschritt war aber die Einführung eiserner Cylindergebläse an Stelle der Holzkasten- und Balgengebläse. Die Sollinger Hütte hatte ein Henschelsches Kettengebläse. Vornehmlich durch die besseren Gebläse erhöhte sich die Wochenproduktion eines Ofens über 300 Ctr. und erreichte bei der Elender Hütte eine Zeitlang 500 bis 600 Ctr. die Woche, gegen früher nur um 200 Ctr. Für die Stabeisendarstellung wurde ein gares Graueisen, für Giefsereizwecke ein halbiertes und für die Granalien der Silberhütten ein weifses (dünngrelles) Roheisen erblasen. Das zum Gufswerk bestimmte Roheisen wurde aus dem Hochofen geschöpft, nur zu Rothehütte hatte man des grofsen Bedarfs wegen Ende der zwanziger Jahre auch noch einen Kupolofen erbaut. Der Sandgufs hatte den Lehmgufs vielfach verdrängt; auf der Altenauer Hütte war Poteriegiefserei, zu Zellerfeld ein Emaillierwerk eingerichtet worden.

Das Verfrischen des Roheisens geschah durch Warmfrischen und zwar betrieb man auf der Königs- und Silbernaaler Hütte zur Darstellung von fadigem (sehnigem) Eisen das Klumpfrischen, im übrigen zur Darstellung von körnigem Stabeisen das Durchbrechfrischen [2]). Bei

---

[1]) Über das eigentümliche Rechtsverhältnis der Eigenlöhner s. Hausmann, a. a. O. S. 175.

[2]) S. d. Abhandl. von Koch in d. Studien des Göttinger Vereins Bergmännischer Freunde II, S. 1 bis 92.

Digitized by Google

letzterer galt das Princip von $^2/_7$ Abgang und 30 Kbffs. Kohlenverbrauch auf 1 Ctr. (110 Pfd.). Die Ersparnisse darüber hinaus kamen dem Frischer zugute. In den Jahren 1825 bis 1830 ergab sich ein durchschnittliches Ausbringen von $76^1/_2$ Proz. und 23,33 Kbffs. Kohlenverbrauch auf 100 Pfd. Stabeisen. Die Qualität des Stabeisens war dabei besser wie früher. Jeder in die Faktorei gelieferte Stab wurde der Wurfprobe unterzogen, das sehnige Eisen auch noch der Biege- und anderen Proben. Das Rohstahlfeuer der Königshütte verarbeitete Gittelder Roheisen.

Die Produktion der Kgl. Hannoverschen Eisenhütten betrug in Centner:

I. Gufseisen.

	1826	1827	1828	1829	1830
Roheisen	18 462	14 676	20 421	27 164	32 410
Gufswerk	16 638	21 955	29 154	19 399	17 699
Granalien und Wascheisen	26 462	19 423	16 954	21 736	20 344
Summa . . .	61 562	86 054	66 529	68 299	70 453

II. Schmiedeeisen und Stahl.

Stabeisen	29 926	31 805	35 673	34 276	33 211
Zaineisen	5 125	5 147	5 374	4 677	5 209
Draht	688	733	955	969	593
Blech	762	621	570	473	449
Rohstahl	189	140	330	122	55
Raffinirstahl	132	97	199	65	80

Die 1827 vollendete neue Rothehütte hatte einen Gichtturm mit Gichtaufzug in Form eines Paternosterwerkes. Die zwei doppeltwirkenden Gebläsecylinder hatten 5 Fufs Durchmesser und fast 80 Kbffs. Inhalt und drückten den Wind in einen eisernen Sammelbehälter. Die neue, im gotischen Stil erbaute Königshütte wurde erst 1830 vollendet. Sie hatte den gröfsten Hochofen des Harzes von 35 Fufs Höhe und 8 Fufs Weite im Kohlensack. Das Gebläse bestand aus vier doppeltwirkenden Cylindern von 5 Fufs Weite und 5 Fufs Hub. Eine Specialität der Königshütte war Seildraht für die Harzer Bergwerke, der nicht gezogen, sondern mit dem Zainhammer rund geschmiedet wurde. Das Henschel-Gebläse der Sollinger Hütte hatte drei Ketten zu 36 Kolben, von denen immer zwei Ketten betrieben wurden.

Digitized by Google

Die Kommunion-Eisenhütte zu Gittelde, die Hannover und Braunschweig gemeinschaftlich gehörte, führte ihren Betrieb zwar in demselben beschränkten Rahmen weiter, wie früher (s. Bd. II u. III), erlebte aber doch auch nach und nach mancherlei Wandlungen und Neuerungen. Zunächst kam sie in den Kriegszeiten im Anfange des Jahrhunderts unter wechselnde Herrschaft, bis die Franzosen nach der Schlacht bei Jena den Harz dauernd in Besitz nahmen und französische Verwaltung einrichteten. An die Spitze der französischen Bergverwaltung trat kein Geringerer als der berühmte Héron de Villefosse, der seinen Amtssitz in Clausthal erhielt. 1810 wurde der Harz dem neuen Königreich Westfalen einverleibt. Ende 1813 kam dann Gittelde und der Harz unter englische Verwaltung. Dieser Wechsel der Herrschaft findet auch seinen Ausdruck in den Faktoreirechnungen, die von 1807 ab bis Ende 1813 in Franken geführt oder wenigstens abgeschlossen werden. Die französische Regierung mußte die Gittelder Hütte mit einem „Verlagsgeld", d. h. mit einer Betriebsschuld von 20796,60 Frcs. übernehmen.

Wir besitzen nähere Nachrichten über die Gittelder Hütte aus den ersten Jahren des Jahrhunderts von Stünkel, der selbst dort Beamter war, und von Héron de Villefosse aus der Zeit der französischen Herrschaft.

Nach Stünkel war der Hochofen zu seiner Zeit 24 Fuß hoch, im Kohlensack 7 Fuß, in der Gicht $3^1/_2$ Fuß weit. Man blies mit drei Blasebälgen, deren jeder 64 Kbfs. Luft faßte. Die Bälge bliesen gemeinschaftlich in einen kleinen Windsammler, aus dem der Wind durch eine „Deupe" in den Ofen gelangte. Obgleich die Erze leicht schmelzbar waren, so erforderten sie doch, weil sie sehr zum Grellwerden neigten, verhältnismäßig viel Kohlen. Das Roheisen war weiß. Stünkel giebt die jährliche Produktion auf etwa 7000 Ctr. an, doch wurde diese bei den kurzen Hüttenreisen nach Ausweis der Rechnungen fast nie erreicht. Von diesen 7000 Ctr. wurden etwa 1800 Ctr. am Platze verfrischt, während die übrigen 5200 Ctr. zu $^4/_7$ an Hannover und zu $^3/_7$ an Braunschweig verteilt und in natura an die betreffenden fürstlichen Hüttenwerke geliefert wurden. Von dem hannöverschen Anteil gingen circa 1100 Ctr. nach der Königshütte, das übrige nach der Sollinger Hütte bei Uslar an der Weser. Das braunschweigische Eisen ging zum Teil nach Holzminden, wo es zu Stahl verfrischt wurde, das übrige wurde auf der Wilhelmshütte zu Eisen verfrischt. Damit Gittelde bestehen konnte, wurde ihm das Roheisen zu einem festgesetzten Preise bezahlt. Das Frischen geschah in

Digitized by Google

gewöhnlichen deutschen Warmfrischfeuern. Das Gittelder Stabeisen zeichnete sich durch hervorragende Güte aus, es war hart und doch zähe und sehr fest. Es hatte etwas Stahlartiges und war dem schwedischen Eisen ähnlich. Es schmiedete sich wegen seiner Härte schwer. Mit Vorliebe wurde es in Braunschweig zu Wagenteilen verarbeitet. Héron de Villefosse giebt das Ausbringen aus den Erzen zu etwa 25 Proz. an. Bei dieser armen Gattierung brauchte man für 100 Pfd. Eisen 344 Pfd. Holzkohlen. Die Wochenproduktion betrug höchstens 144 Ctr. Das Gittelder Roheisen verlor beim Frischen 28 Proz. und erforderte für 100 Pfd. Stabeisen 220 Pfd. Holzkohlen, so dafs für 100 Pfd. Schmiedeeisen etwa 555 Pfd. Erz und 700 Pfd. Kohlen aufgingen.

Fig. 107.

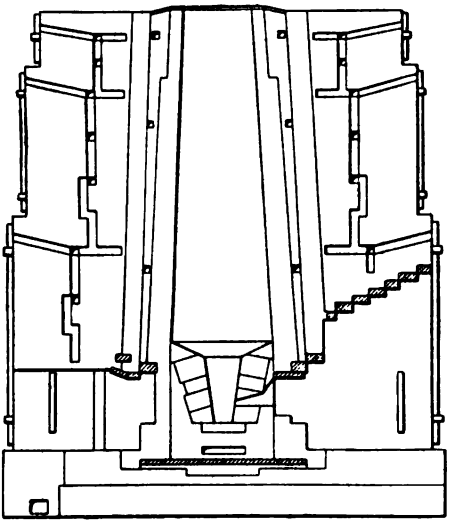


Fig. 107 zeigt die Zustellung des Hochofens nach einer Zeichnung aus dem Jahre 1828 [1]). Charakteristisch ist die flache Rast. Während das äufsere Mauerwerk viereckig war, war der Ofen im Inneren rund. Bemerkenswert sind auch die Zugkanäle und die Verankerung.

Der Gittelder Hochofen wurde nach der französischen Zeit erhöht und erweitert und mit einem Cylindergebläse versehen. Es liegt keine Nachricht vor, wann dies geschah, doch läfst sich aus den Rechnungen schliefsen, dafs es im Jahre 1820 gewesen sein mufs, indem von da an der Gittelder Hochofen eine erheblich gröfsere Produktion aufweist. Während vor dieser Zeit das an die Hütten verteilte Roheisenquantum 3000 bis 4000 Ctr. im Jahre betragen hatte, stieg es von da ab auf 6000 bis 8000 Ctr. Über den Betrieb in der zweiten Hälfte der zwanziger Jahre bis 1830 hat Hausmann genaue Angaben mitgeteilt.

Danach war auf dem Gitteldeschen Kommunion-Eisenwerk der Hochofen der Teichhütte, welcher den manganhaltigen Spat- und Brauneisenstein des Ibergs verschmolz, Ende der zwanziger Jahre,

[1]) In den Annales des Mines II. Sér., T. III, Pl. V.

Digitized by Google

mit grofser Sorgfalt umgebaut worden. Man machte ihn jetzt 30 Fufs hoch, 4 Fufs in der Gicht und 4 Fufs im Kohlensack weit, im Gestell oben 32 Zoll, unten 16 Zoll weit. Der Rast hatte man 45° Neigung gegeben, hatte sie also beträchtlich steiler gemacht wie früher. Man blies mit zwei Formen, die 15 Zoll über dem Boden lagen und 10 Zoll aneinander vorbeibliesen. Das auf der braunschweiger Hütte zu Zorge verfertigte 1819 aufgestellte Gebläse bestand aus zwei gufseisernen, doppeltwirkenden Cylindern und war mit Wattscher Parallelogrammführung versehen. Um 1830 wurde ein eiserner Windsammelkasten damit verbunden. 1830 wurden in 51 Betriebswochen aus 46 635¼ Ctr. Beschickung 16 590 Ctr. Roheisen, also wöchentlich im Durchschnitt 355 Ctr. 15 Pfd. geschmolzen. Das stahlartige Roheisen wurde teils in der Badenhäuser Hammerhütte verfrischt, teils auf die hannoverschen Hütten: Königshütte, Sollinger und Silbernaaler Hütte, teils auf die braunschweigischen Werke Wilhelmshütte, Karlshütte und Holzmindener Hütte geliefert.

Die Neue Hütte bei Badenhausen hatte ihren Betrieb so verbessert, dafs sie jetzt ein Ausbringen von 76,53 Proz. bei einem Kohlenverbrauch von 25 Kbfs. auf 100 Pfd. Stabeisen erzielte. Das Gittelder Stabeisen war dabei von besonderer Güte und für Radbeschläge und Hufeisen besonders geeignet. 1830 verdiente der Hochofenmeister 2 Rthlr. 22 Ggr., der Aufgeber 2 Rthlr. 8 Ggr., der Frischmeister 3 Rthlr. 18 Ggr., der Frischknecht 2 Rthlr. 16 Ggr. die Woche; ein Tagelöhner 5 bis 6 Ggr. den Tag.

Die Erzeugung der Gittelder Eisenwerke von 1826 bis 1830 betrug in Centnern:

	1826	1827	1828	1829	1830
Roheisen	12 970	2 011	13 808	488	15 951
Gufswerk	—	492	—	412	114
Wascheisen	502	139	460	24	524
Summa . . .	13 472	2 642	14 268	924	16 590
Stabeisen	1 489	1 569	1 581	1 900	1 758

Aufser den genannten herrschaftlichen Werken erzeugte die gräflich Brabecksche Eisenhütte bei Dassel in der Nähe des Sollings jährlich etwa 6200 Ctr. Gufswerk und 1300 Ctr. Stabeisen. Im Osnabrückschen war bei Sandfort eine Eisengiefserei, die hauptsächlich mit altem Eisen betrieben wurde.

Digitized by Google

Der auswärtige Absatz, besonders nach Preufsen, hatte sich in dieser Periode vermindert. Von den Ende der zwanziger Jahre durchschnittlich erzeugten 14925 Ctr. waren 13225 Ctr. im Inlande verkauft und nur etwa 1700 Ctr. ausgeführt und von 25325 Ctr. Stabeisen 22675 Ctr. im Inlande und nur 2650 Ctr. in das Ausland verkauft worden.

Das schwedische und mehr noch das engliche Eisen bereitete dem harzer Eisen eine nachteilige Konkurrenz. 1820 hatte englisches Eisen in Bremen $5^1/_2$ Rthlr. die 120 Pfd. gegolten, 1830 nur noch 3 Rthlr.; in Hannover kostete 1 Ctr. (112 Pfd.) englisches Stabeisen 4 Rthlr. 2 Ggr., 1 Ctr. harzer Eisen dagegen 5 Rthlr. 20 Ggr. Der Ausfuhr nach Preufsen und Hessen stand der von diesen Staaten eingeführte Schutzzoll im Wege.

In dem Kurfürstentum Hessen zeichnete sich die herrschaftliche Eisenhütte zu Veckenhagen durch schöne Gufswaren aus.

In Süddeutschland bemühte sich besonders die württembergische Regierung, die Eisenindustrie des Landes zu heben. 1803 hatte Herzog Friedrich eine Sensenfabrik bei Friedrichsthal im Schwarzwalde angelegt, erst nur in kleinem Umfange, 1810 wurde sie aber sehr erweitert, und 1815 bis 1822 lieferte sie bereits jährlich 30000 blaue (steirische) Sensen, 10000 Schnabelsensen (tiroler), 25000 Sicheln, 10000 Strohmesserblätter, 4000 ganze Strohmesser, 1000 Schippen und 100 Stück halbmondförmige Zimmerer- und Waldsägen. Es war dadurch ein wichtiger Nahrungszweig für die arme Gegend geschaffen. Auf der Eisenhütte zu Oberndorf wurden während der Kriegszeiten jährlich 3000 bis 4000 Stück Gewehre gemacht.

Die Drahtzieherei zu Unterkochen wurde 1811 umgebaut und neu eingerichtet. 1821 wurde hier ein Walzwerk für Blech, Bandeisen und andere Eisensorten angelegt. 1818 wurde zu Wasseralfingen ein neuer Hochofen mit Kastengebläse anstatt der alten Spitzbälge erbaut. 1822 wurden die königlichen Hüttenwerke zu Wasseralfingen und Königsbronn vergröfsert. Zu Wasseralfingen war eine grofse Lehm- und Massenformerei eingerichtet und 1820/21 der erste Kupolofen gebaut worden; zu Königsbronn wurde 1822 der erste Flammofen gebaut, der zum Kanonen- und Munitionsguls diente. Auf dem nahegelegenen Hammerwerke Izelberg wurde ebenfalls im Jahre 1822 ein Blechwalzwerk erbaut.

1824 wurde der berühmte Bildhauer Konrad Weitbrecht (geb. 1796, gest. 1836) nach Wasseralfingen berufen und daselbst angestellt. Er hob und begründete die künstlerische Bedeutung der Erzeugnisse

Digitized by Google

der Eisengiefserei, welche mustergültig wurden und den Ruhm des Werkes ausbreiteten. Wasseralfingen hatte schon seit 1816 Musterbücher ausgegeben. Um 1830 werden schon Kastenöfen, verzierte Rundöfen, Kanonenöfen, Schiffsöfen, Postament- und Eremitageöfen, Ovalöfen, Cirkulieröfen und Sayner Kochöfen aufgeführt.

Österreich 1816 bis 1830.

In Österreich errichtete Andreas Töpper 1808 und 1810 die ersten Streck- und Blechwalzwerke mit geschlossenen Ständern in Steiermark. Derselbe verwendete auch zuerst Steinkohlen zum Glühen des Eisens bei der Streckarbeit in Flammöfen. 1816 wurde in Steiermark die Eisenhütte zu Hiflau gegründet und der erste Hochofen daselbst erbaut.

Um dieselbe Zeit wurde zu Neumarktl in Krain von einem Engländer Dutton eine Cementstahlfabrik errichtet. Dieselbe blieb lange Zeit (bis 1852) die einzige Fabrik ihrer Art in den österreichischen Alpenländern, welche im übrigen den gröfsten Teil der Welt mit ihrem natürlichen Stahl (Frisch- oder Schmelzstahl) versorgte.

In Böhmen machte Graf Rudolf v. Wrbna die Eisengiefserei zu Horzowitz zu einer Musteranstalt. Komorau war das Hauptwerk des Horzowitzer Eisenhüttenkomplexes im Berauner Kreise; dort befanden sich vier Hochöfen, während einer in Ginetz war. Die Öfen waren 36 Fufs hoch und wurden mit Kastengebläsen betrieben. Graf Wrbna war selbst ein begeisterter Hüttenmann, der nicht nur sein Werk selbst leitete, Verbesserungen selbst entwarf und einführte, sondern es machte ihm Freude, selbst mit Hand anzulegen, und oft arbeitete er als Hammergeselle auf seinen Werken. Er baute die Hochöfen um und erhöhte sie, suchte überall Kohlenersparung zu erzielen, führte die Sandformerei und viele verbesserte Einrichtungen in der Giefserei ein. Die Giefserei zu Komorau wurde die hohe Schule der Eisengiefserei in Österreich. 1824 wurden Kastengebläse, 1830 die ersten Blechwalzen eingeführt. In der Blechfabrikation ging man 1825 bei den Glühöfen zu Steinkohlenbetrieb über. Mit der Blechfabrik war eine Löffelschmiede verbunden.

1818 baute der Fürst von Fürstenberg eine neue Eisengiefserei zu Joachimsthal bei Nischberg in Böhmen.

Einen sehr günstigen Einfluſs auf das Eisenhüttenwesen Böhmens übte auch damals das polytechnische Institut zu Prag unter Direktor Gerstner aus.

Digitized by Google

Zu Anfang der 20er Jahre fand ein Bergmann, Johann Wania aus Kladno, durch Zufall, indem er ermüdet sich auf einen Grashügel setzte und zum Zeitvertreib mit seinem Stocke in der Erde bohrte, das Ausgehende eines Steinkohlenflötzes. Zu arm, um selbst schürfen zu können, verkaufte er seinen Fund dem Prager Bürger und Besitzer der Sophieninsel, Wenzel Novotny. Dieser gründete eine Gewerkschaft, welche die Steinkohlenlager aufschloſs und später das berühmte Kladnoer Eisenwerk anlegte.

Das Verdienst, den ersten Kokshochofen in Österreich betrieben zu haben, gebührt dem vortrefflichen Grafen Kaspar Sternberg und seinem Schichtmeister, Alois Obersteiner, einem Steiermärker, der den Betrieb leitete [1]). Es geschah dies im Herbste 1821 auf der Sternbergschen Hütte zu Darowa in Böhmen. Ähnliche Versuche auf anderen böhmischen Werken waren so erfolglos verlaufen, daſs die Ansicht verbreitet war, es sei unmöglich, mit böhmischer Steinkohle Roheisen im Hochofen zu schmelzen. Obersteiner gelang dies indes durch ein sehr vorsichtiges und sorgfältiges Verfahren. Die mageren böhmischen Schieferkohlen waren zum Verkoken sehr wenig geeignet, indem sie nicht backten, und der erhaltene Koks leicht zerfiel. Es bedurfte deshalb schon der vorsichtigsten Auswahl der zu verwendenden Steinkohlen, und erschien nur die sehr reine Kohle der Mittelbank der Florentinzeche, welche nur $2^1/_2$ Proz. Rückstand beim Verbrennen gab, geeignet. Man verkokte Stückkohlen in liegenden Meilern, wie in Schlesien. Das Aufbrechen des Meilers, der Transport der zerbrechlichen Koks auf die Gicht und das Aufgeben in den Hochofen muſste mit der gröſsten Vorsicht geschehen. Der leichten Zerdrückbarkeit der Koks wegen baute man einen besonderen Versuchsofen von nur 21 Fuſs Höhe, während damals die älteren böhmischen Öfen 27 Fuſs, die neueren 30 Fuſs hoch waren. Derselbe war $2^1/_{10}$ Fuſs in der Gicht, 5 Fuſs 3 Zoll im Kohlensack und im Gestell 12 Zoll am Boden, 16 Zoll am Rastansatz weit. Er war mit zwei gegenüberliegenden Formen, von denen die eine 12 Zoll, die andere 13 Zoll über dem Bodenstein lag, versehen. Den Wind erzeugte ein altes Dreikastengebläse, dessen Kolben durch Excenter gehoben wurden. Die armen Erze, die meistens nur 18 Proz. Eisen enthielten, wurden geröstet und gepocht; ebenso wurde der Kalk fein

[1]) Ein ausführlicher Bericht über diesen ersten Koksofen in Österreich, von Alois Obersteiner am 1. Jänner 1822 zu St. Veit niedergeschrieben, befindet sich im Besitze seines Sohnes, des Verwesers L. Obersteiner, in Leoben. Durch dessen Güte wurde ich in den Stand gesetzt, die Abhandlung, der die angeführten Thatsachen entnommen sind, zu benutzen.

Digitized by Google

gepocht aufgegeben. Nachdem der Ofen erst 14 Tage durch ein Flammfeuer, dann 14 Tage lang mit Holzkohlen vorsichtig abgewärmt und mit 210 Kbffs. Holzkohlen gefüllt war, wurde die erste Gicht mit 50 Pfd. Erz und 10 Pfd. Kalk gesetzt; hierauf folgte der erste Kokssatz, von 10 Kbffs. aufgegeben. Den Erzsatz behielt man bei, bis die ersten Erzspuren im Gestell sich zeigten. Alsdann liefs man den Wind mit $^3/_4$zölligen Formen an. Nach und nach steigerte man den Erzsatz und auch die Weite der Windformen, und zwar betrug der volle Satz 325 W.-Pfd. Erz und die schliefsliche Formweite $1^3/_4$ Zoll. Die Produktion war bei dem kleinen Ofen und dem schwachen Gebläse nur 90 Ctr. in der Woche. Das Eisen war bis zur zehnten Woche feinkörnig und weifslich grau, später wurde es etwas dunkler. Es war für alle Gufswaren geeignet, fest und doch weich. Zum Frischen taugte es wenig und gab jedenfalls infolge Schwefelgehaltes rotbrüchiges Eisen. Nach etwa einem Vierteljahre wurde das Versuchsschmelzen eingestellt. Der Beweis der Möglichkeit des Hochofenbetriebes mit Koks aus böhmischen Kohlen war genügend erbracht. Es sollte nun ein höherer Ofen von 30 Fufs dafür vorgerichtet werden. Doch liegen hierüber weitere Nachrichten nicht vor.

Um diese Zeit erlangte auch das fürstlich Diedrichsteinsche Eisenwerk zu Blansko in Mähren gröfsere Bedeutung. 1824 waren dort drei hölzerne Cylindergebläse in Thätigkeit.

Die Einführung des englischen Puddlingsfrischens mit Steinkohlen in Österreich geschah durch Professor Franz Riepl, welcher dasselbe 1828 auf dem Eisenwerke zu Wittkowitz in Mähren einführte. Bald folgten andere Werke diesem Beispiele. 1830 wurde auch die erste Kokshochofenanlage in Wittkowitz gemacht und damit auch dieser Betrieb dauernd in Österreich eingeführt. Die Roheisenproduktion Österreichs betrug 1807 66000 Tonnen (geschätzt); 1823 bis 1825 im Jahresdurchschnitt 86500 Tonnen.

Schweden 1816 bis 1830.

Der Export Schwedens war von 1817 an, von welcher Zeit an wieder statistische Angaben vorliegen, im Durchschnitt etwas geringer als vor 1805 und überschritt selten 1 Million Centner. 1817 betrug er 862277 Ctr., 1818 1049534 Ctr., 1820 942112 Ctr., 1824 986700 Ctr., darunter 75242 Ctr. gröbere Manufakturwaren. Die Ausfuhr nach England war bedeutend zurückgegangen und betrug 1824 nur 127303 Ctr., wobei noch die Ausfuhr nach Holland mit

Digitized by Google

einbegriffen ist. Unter dem nach England verschifften Stabeisen waren etwa 62000 Ctr. sogenanntes Öregrundeisen, das auf den Roslager Werken aus Dannemoraerz bereitet und in Öregrund verschifft wurde. Im ganzen hatte die schwedische Eisentechnik trotz der Bemühungen der Hüttengesellschaft (Bruks-Societät) keine nennenswerten Fortschritte gemacht, Ure behauptet sogar, dafs der Frischereibetrieb eher zurückgegangen sei. Wichtige Ereignifse waren die Versuche mit dem Flammofenfrischen von af Ure und die Festigkeitsversuche Lagerhjelms. Dadurch wurden die schwedischen Eisenhüttenleute in zwei Lager gespalten, von denen die einen sich für den Hammer-, die anderen für den Walzwerksbetrieb erklärten.

Bothoff hatte 1823 der Bruks-Societät vorgeschlagen, Versuche mit Walzwerken anzustellen. Die Gesellschaft bewilligte auch 15000 bis 20000 Thlr. dafür; da die ersten Versuche aber ungünstig ausfielen, setzte man dieselben nicht fort. Hierauf reiste Lagerhjelm selbst nach England und nahm einen Posten schwedisches Eisen mit. Die damit angestellten Proben gaben sehr befriedigende Resultate. Er kehrte so überzeugt von der Wichtigkeit des Walzwerksbetriebes für Schweden zurück, dafs er beim König um ein Privilegium einkam, am Mälar- und Wettersee ein grofses Walzwerk für 25000 bis 40000 Schiffspfund Jahresproduction anlegen zu dürfen. Der König forderte das Bergkollegium und die Bruks-Societät zum Gutachten auf. Ersteres äufserte sich günstig, letztere sprach sich auf af Ures Vorstellungen, dafs die Walzwerke schlechtes Eisen liefern und den Kredit des schwedischen Eisenhandels schädigen würden, dagegen aus. Der berühmte Chemiker Berzelius, der auch dabei zu Worte kam, sprach sich entschieden für das Walzen aus. Trotz der Ablehnung der Hüttengesellschaft erteilte 1827 der König die Erlaubnis zur Anlage des Werkes am Mälarsee. Es hielt aber schwer, das Kapital von 300000 Thlrn. aufzubringen.

Über den technischen Betrieb des schwedischen Eisenhüttenwesens ist sonst nur wenig aus dieser Zeit zu bemerken.

Schweden war in vier Oberhochofenmeister-Distrikte eingeteilt [1]). Im ersten, Süd-Distrikt, betrug die Zahl der Hochöfen im Jahre 1828 in den Landschaften Orebro 34, Scaraborg 2, Jönköping 15, Kronoberg 10, Calmar 11, Linköping 5, Nyköping 7. Von diesen 83 Hochöfen waren nur 14 aus Steinmauerwerk, 69 mit Erdzimmerung gebaut.

---

[1]) Siehe Meyer, Beiträge zur Kenntnis des Eisenhüttenwesens in Schweden, 1829. Grofse Tabelle zu S. 233, worin die einzelnen Werke aufgeführt sind.

Digitized by Google

Im zweiten, Wermelands-Distrikt, waren in Carlstadt 33, in Orebro 37 Hochöfen, hiervon waren nur 10 in Philippstadt-Bergslag, Carlstadt Län, aus Steinen erbaut.

Im dritten, Ost- und West-Bergslags-Distrikt, befanden sich in Westerås 29, in Fahlun 40, in Öster-Bergslag 33 Hochöfen, wovon 8 gemauert waren.

Im vierten, Nord-Distrikt, waren in Stockholm 6, in Upsala 11, in Gefleborg 29, in Jemtland 1, Vester Norrland 5 und Westerbotten 5, von welchen 20 gemauert waren. In den beiden Landschaften Stockholm und Upsala war überhaupt nur 1 Ofen und zwar mit Erdzimmerung.

Im ganzen waren von den 312 aufgeführten Hochöfen 260 in Erdzimmerung und 52 in Stein aufgeführt. Die meisten schwedischen Öfen hatten noch Lehmformen.

Besonderen Rufes erfreuten sich nach wie vor die schwedischen Kanonen. Dieselben wurden meist aus Hochöfen gegossen, welche sich durch besonders hohe und geräumige Gestelle auszeichneten. In Finspång betrug 1828 die Höhe des Dammsteines 17,2 pr. Zoll, in Åker 15,3 Zoll, in Stafsjö 16,5 Zoll. Die Gestelle wurden jährlich erneuert.

In dieser Periode entstanden zwei grofse Giefsereien mit verbesserten Einrichtungen, die von Owen in Stockholm mit Flammofenbetrieb und die in Motala mit Kupolofenbetrieb. Das grofse Werk in Motala am Wettersee war ein Staatswerk, welches dem Bau des Goethekanals seine Entstehung verdankte. Es war 1822 von dem Engländer Fraser angelegt worden. Beide Werke verschmolzen Seeerze und schmolzen das erblasene Roheisen dann um. Beide Werke haben einen vorteilhaften Einfluſs auf die schwedische Giefsereitechnik geübt, welche vordem noch in der Kindheit war. Owen gofs namentlich auch gute Walzen für die Blechwalzwerke. Letztere befanden sich zu Skebo in Upland und zu Closter in Dalarne. Jedes dieser Werke hatte drei Walzenpaare, von denen immer zwei im Betriebe waren. Die Platten, die man in sehr verschiedener Stärke und Gröfse herstellte, wurden mit grofsen, von Epicykloidenrädern bewegten Scheren beschnitten. Man bediente sich eines grofsen Glühofens von eigentümlicher Konstruktion, derselbe hatte aufser der Feuerung vier Räume, jeder mit besonderer Einsatzthür. Der Ofen war 21¾ Fufs lang und am Rost 3 Fufs 11 Zoll, am Fuchs 3 Fufs 7 Zoll breit. Die der Feuerung zunächst liegende Abteilung hiefs der Materialofen, dieser folgte der Plattenofen Nr. 1, dann Plattenofen Nr. 2 und hierauf der Glühofen. In den Materialofen wurden 120 bis 130 Ctr. zu-

Digitized by Google

geschnittenes Materialeisen etwa 2 Stunden lang gewärmt und in ein bis drei Hitzen ausgewalzt. Die Blechtafeln kamen dann nacheinander in die Plattenöfen Nr. 1 und 2, um jedesmal von neuem erwärmt und durchgewalzt zu werden; die fertigen Platten wurden in dem Glühofen ausgeglüht. Ankerketten wurden auf dem Werke Furudahl in Dalarne angefertigt. Mit Unterstützung des Eisenkontors wurde daselbst ein Walzwerk zur Bereitung der stärkeren und stärksten Ketten für Kriegsschiffe angelegt und eine Fullersche hydraulische Presse zur Prüfung der Ketten angeschafft. 1824 setzte die Akademie der Kriegswissenschaften einen Preis für die beste Arbeit über die Anfertigung der Ankerketten aus[1]).

Die Stahlbereitung blieb dagegen sehr vernachlässigt, obgleich die schwedische Ausfuhr hauptsächlich der englischen Cementstahlfabrikation diente. Die besten Eisensorten für die Gufsstahlbereitung, welche nach England gingen und fast ausschliefslich durch das grofse Geschäftshaus Syks & Komp. in Hull vertrieben wurden, waren die Marken L (hoop), $\frac{P}{L}$ (P-L-Eisen); diesen kamen die Marken $\frac{*}{*}$ (Doppelstern) und $\frac{8}{}$ (Doppelkugel — double bullet) am nächsten.

Ein bemerkenswertes Ereignis war noch die Gründung der Bergschule in Stockholm. 1819 hatte der Staat die Mittel dazu bewilligt. 1821 wurde sie gegründet und Professor Seftström als Lehrer berufen; 1822 begannen die Vorlesungen. 1822 gestattete auch der König, dafs das Eisenkontor an vorzügliche Berg- und Hüttenarbeiter ein Ehrenzeichen verleihen durfte in Gestalt einer an der Brust zu tragenden Medaille mit der Aufschrift: för flit och skicklighet i bergsmans yrken (für Fleifs und Geschicklichkeit in Bergmannsarbeit).

In den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts entwickelten schwedische Hüttenleute und Unternehmer im hohen Norden eine grofse Thätigkeit, um die reichen Schätze des Erzberges von Gellivara auszubeuten. Unter diesen verdient besonders Baron Hermelin genannt zu werden, der sein Vermögen und sein Leben bei diesen Unternehmungen zusetzte. 1825 wurden die Bergwerke von Gellivara von einer englischen Gesellschaft ausgebeutet.

Rufsland 1816 bis 1830.

Rufsland besafs im Jahre 1828 nach Angaben Granvilles 19 Kronwerke, welche 1301000 Pud Eisenerze lieferten und aufser

[1]) Ein Auszug aus der Preisschrift findet sich bei Meyer, a. a. O., S. 322.

Digitized by Google

grofsen Mengen von Geschützrohren 500000 Pud Stabeisen, 12000 Pud Anker, 9000 Pud Stahl und 32000 Stück Gewehre (small arms) herstellten.

Die Zahl der Privatwerke betrug 148, welche jährlich 7453999 bis 8622396 Pud Erze, 5142921 bis 6120997 Pud Stabeisen, 23379 bis 70244 Pud Stahl und 234873 Stück Sensen fabrizierten.

Die Roheisenproduktion Rufslands betrug im Jahresdurchschnitt

von 1822 bis 1825	9,2	Millionen Pud
„ 1826 „ 1830	10,7	„ „

Die Ausfuhr von Stabeisen betrug

	von Archangel	von St. Petersburg
1824	20790 Pud	700734 Pud
1825	63000 „	988347 „
1826	35910 „	594808 „
1827	64575 „	871648 „
1828	65016 „	689628 „
1829	118440 „	1096480 „
1830	117180 „	602520 „

Die grofse Gewehrfabrik in Tula lieferte um 1822 jährlich für 15000 Mann Gewehre aller Art und beschäftigte gegen 4500 Arbeiter, darunter 3000 Meisterleute. Im Durchschnitt von 10 zu 10 Jahren lieferte die Fabrik 112800 Flinten für die Infanterie, 4500 für Jäger, 18333 für Dragoner, 2347 für Musketiere, 42552 Karabiner, 324 Stutzen, 63073 Paar Pistolen, 11170 Pallasche, 51630 Säbel, 1000 Hirschfänger und 95500 Seitengewehre. Aufser diesen Militärwaffen machte man viele und schöne Luxuswaffen aller Art, Galanteriedegen, brillantierte Arbeit und sonst allerlei feine Eisen-, Stahl- und Galanteriewaren, sowie eiserne Bettgestelle, Tabourets, Stühle, Turmuhren, Kaffeemühlen, Walzen, Springfedern, Brecheisen, Druck- und Prefswerke, Stempel für Münzen, Tuchscheren, Messer, Sensen, Schnallen, Uhrketten, Feilen, Degengefäfse, Knöpfe und hunderterlei andere feine Stahlarbeiten. Ein Infanteriegewehr kostete 4 Rubel, eine Jägerflinte 5 Rubel, ein Dragonersäbel $2^1/_2$ bis 3 Rubel, ein Seitengewehr 1 Rubel. Das Pud Eisen wurde den Meistern für 40 Pfg. überlassen. Tula lieferte den besten und meisten Stahl und die schönsten Stahlarbeiten in Rufsland.

Sestrabeck (Sisterbeck) machte auch Waffen für die Armee, aufserdem Grobschmiedwaren und Schlösser, darunter solche von Erbsengröfse. Es hatte 400 Meister und Arbeitsleute und 1800 finnische Bauern, die statt des Kopfgeldes blofs Kohlen lieferten. Es wurden hier

Digitized by Google

jährlich 4000 bis 5000 Pud Eisen veredelt[1]). Die russische Regierung schützte die inländische Eisenindustrie durch hohe Eingangszölle. Der Tarif von 1821 verbot die Einfuhr von Roh- und Stabeisen zur See gänzlich und belegte die von Eisenfabrikaten zu Land und zur See mit so hohen Zöllen, dafs sie Prohibitivzöllen glichen.

1825 wurde das technische Institut zu Moskau gegründet.

Die Vereinigten Staaten 1816 bis 1830.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika war seit dem Jahre 1815 angeblich zur Deckung der Kriegskosten ein strengeres Zollsystem eingeführt worden. Auf fremdes Eisen wurden hohe Zölle gelegt. Dieselben betrugen nach dem Tarif vom 15. April 1815 1 Dollar auf die Tonne Roheisen und $1^1/_2$ Dollar auf Gufswaren. Stab-, Walz- und Schmiedeeisen zahlten 1 Dollar für die Tonne, Nägel u. s. w. 10 Proz. des Wertes. Hierbei blieb man aber nicht stehen. 1818 wurde ein neuer Tarif eingeführt mit erhöhten Sätzen, wobei im allgemeinen ein Wertzoll von 20 Proz. zu Grunde gelegt war. 1824 und 1828 wurden weitere Tariferhöhungen beschlossen mit einem Wertzoll von 25 Proz.[2]). Infolgedessen betrug 1830 der Zoll auf Roheisen 12,50 Dollar für die Tonne, während er sich in England auf 2,22 Dollar stellte, für Schmiedeeisen auf 22,40 Dollar und für Walzeisen sogar auf 37 Dollar, während der englische Zoll auf Stabeisen nur 6,66 Dollar pro Tonne betrug.

Dieser hohe Schutzzoll kam den heimischen Eisenfabriken zu gut und unterstützte in hohem Grade die Entwickelung der amerikanischen Eisenindustrie. Auf der anderen Seite aber belastete er die ackerbautreibenden Staaten schwer zu gunsten der industriellen, namentlich der eisenerzeugenden Staaten. Infolgedessen entstand Opposition gegen die Regierung und grofse Unzufriedenheit mit dem Schutzzollsystem bei den Südstaaten, deren Wortführer Südkarolina war. Dieser Staat sprach sich schon damals wegen der hohen Eisenzölle für Austritt aus der Union und Trennung der Südstaaten von den Nordstaaten aus und ging in seinem Widerstande so weit, in Südkarolina den Tarif für null und nichtig zu erklären.

Die amerikanische Eisenindustrie machte unter diesem Schutzzollsystem grofse Fortschritte.

---

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journ. 1825, X, 204.

[2]) Siehe Näheres hierüber in Scrivenors History of the Iron Trade, p. 218.

Digitized by Google

Unter den technischen Fortschritten heben wir besonders die Einführung des Puddelbetriebes und der Stabeisenwalzwerke hervor. Mit demselben wurde zuerst 1816 zu Plumsock am Red Creek in Fayette county, Pennsylvanien, begonnen. Dieses Puddel- und Walzwerk war von Isaak Meason an der Stelle eines im Jahre 1804 von Jeremias Pear errichteten Schneid- und Walzwerkes erbaut worden. In Neu-England entstand das erste Walzwerk 1825. 1828 versuchte Howel, Schmiedeeisen in einem Stück- oder Wolfsofen mit Anthracit zu erzeugen, aber ohne Erfolg. Die Stahlerzeugung war noch sehr unbedeutend. 1810 hatte sie nicht über 900 Tonnen betragen. 1829 wurde in Pittsburg, der heutigen Stahlmetropole, von einem Engländer, Broadmeadow, der erste Versuch gemacht, Cement- und Gufsstahl herzustellen. 1830 zählte man in den Vereinigten Staaten 14 Stahlöfen mit einer Produktion von 1600 Tonnen. Die Walzwerke wurden vielfach noch mit Wasserrädern betrieben. Ein gutes Walzwerk zu Pittsburg erzeugte im Jahre 1826 650 Tonnen.

Was die Menge und den Wert der Erzeugung betrifft, so liegen statistische Zahlen vor, die aber nur einen relativen Wert haben. Aus den Gewichtsangaben geht hervor, dafs die Produktion im Jahre 1820 einen bedeutenden Rückgang infolge der Handelspanik erfahren hatte. Die Produktion der Hochöfen, die im Jahre 1810 53908 Grofstonnen betragen hatte, sank 1820 auf 20000 Tonnen. Diese Angabe ist aber keineswegs mit den Wertangaben in Übereinstimmung. Danach hätte der Wert der Hochofenprodukte 1810 2981277 Dollar und 1820 2230275 betragen; da der Roheisenpreis 1810 38 Dollar, 1820 35 Dollar für die Tonne war, so kann die Gewichtsdifferenz der Erzeugung nicht so grofs, wie oben angegeben, gewesen sein. Jedenfalls war aber die Produktion der Eisenwerke der Union im Jahre 1820 geringer, als sie im Jahre 1810 gewesen war. In den folgenden 10 Jahren bis 1830 fand dagegen eine beträchtliche Steigerung statt. Die Gewichtsangaben der Roheisenproduktion einschliefslich des Hochofengusses für das Jahr 1830 schwanken beträchtlich. Nach einer Angabe wären 155000 Tonnen, nach einer anderen 165000 Tonnen, nach einer dritten 175000 Tonnen, nach einer vierten sogar 191536 Tonnen in 239 Hochöfen, von denen jeder durchschnittlich $15^1/_2$ Tonnen die Woche geschmolzen hätte, erzeugt worden. Der Wert der Hochofenproduktion wurde zu 4757403 Dollar angegeben; dem Gewicht nach sollen auf Pennsylvanien $^2/_5$, dem Werte nach 1643702 Dollar entfallen sein.

Der Wert des erzeugten Stabeisens betrug 1830 16737251 Dollar, wovon 3762847 Dollar auf Pennsylvanien kamen. Das rasche An-

Digitized by Google

wachsen der Produktion in den letzten 3 Jahren des Jahrzehnts erhellt aus folgenden Zahlen:

Jahr	Zahl der Hochöfen in Betrieb	Roheisen Tonnen	Gufswaren Tonnen	Zusammen Tonnen
1828	192	108 564	14 840	123 404
1829	192	118 405	16 549	134 954
1830	202	137 075	18 273	155 348

Die Einfuhr hatte von 1821 bis 1830 26200 Tonnen Stabeisen und 5600 Tonnen Walzeisen, zusammen 31800 Tonnen Schmiedeeisen im Werte von 1762000 Dollar betragen. Hierzu kam die Einfuhr von Eisenfabrikaten in demselben Zeitraume von 4 Millionen Dollar, so dafs der Gesamtwert der Einfuhr von Eisen und Eisenfabrikaten sich auf 5762000 Dollar belaufen hatte. Der Verbrauch an Eisen wurde 1830 auf 144666 Tonnen geschätzt. Die Preise zeigten zwischen 1800 bis 1830 folgende Bewegung:

	Roheisen die Tonne	Schmiedeeisen die Tonne
1800	35,75 Doll.,	100,50 Doll.
1805	30,75 „	101,00 „
1810	38,00 „	108,00 „
1815	53,75 „	144,50 „
1820	35,00 „	103,50 „
1825	46,75 „	97,50 „
1830	35,00 „	87,50 „

Betrachten wir die Entwickelung der Eisenindustrie in den einzelnen Staaten, so ist es wieder Pennsylvanien, das unser Interesse am meisten erregt.

Von den Neu-Englandstaaten ist nur wenig zu berichten. In New-Jersey hatten Colonel Jos. Jackson und sein Bruder William 1820 die Nagelfabrik zu Paterson gepachtet und hier Rund- und Stabeisen gewalzt. 1822 bauten sie ein neues Walzwerk zu Rockaway, wahrscheinlich das erste, das nicht mit einem Schneidwerk verbunden war und nur Kalibereisen walzte. — Im Staate New-York gründete H. Burden 1819 das bekannte Eisenwerk bei Troy. In Connecticut wurde die erste Gieſserei, welche das vortreffliche Roheisen des Salisbury-Distrikts vergofs, im Jahre 1830 bei Lime Rock in der Grafschaft Litchfield errichtet.

In Pennsylvanien wurde, wie erwähnt, 1816 und 1817 das erste Puddel- und Walzwerk zu Plumsock am Redstone Creek zwischen Connelsville und Brownsville in der Grafschaft Fayette von Isaak

Digitized by Google

Meason erbaut. Thomas C. Lewis war der Ingenieur, der die Pläne für das Werk entwarf, und Georg Lewis war der erste Walzer und Eisendreher daselbst. Beide stammten aus Wales. Das Roheisen wurde erst in einem Feineisenfeuer mit Wind gefrischt, dann in zwei Puddelöfen gepuddelt. Aufserdem umfafste die Anlage einen Schweifsofen, eine Walzenstrafse und einen Reckhammer. Die Walzen waren auf dem Dubar-Hochofen gegossen. In den Puddel- und Schweifsöfen wurde rohe Steinkohle, in dem Feinfeuer Koks verwendet. Es ist dies mit die erste Verwendung von mineralischem Brennstoff in der amerikanischen Eisenindustrie. Am 15. September 1817 kam das Werk in Betrieb. Der Unternehmer, J. Meason, der aus Virginia stammte, starb schon 1819. 1835 wurde das Werk durch eine Überschwemmung zerstört.

Dr. Peter Schönberger, der 1771 in Mannheim, Lancaster county, geboren war, später einer der hervorragendsten Eisenindustriellen Amerikas wurde und am 18. Juni 1854 zu Mariette in der Grafschaft Lancaster starb, hatte 1817 seinen ersten Hochofen, Rebecca furnace, in Blair county erbaut.

1818 errichtete Rob. Curtin, ein Irländer, im Juniatathal den Eagle-Hochofen zu der schon 1810 gegründeten Eagle forge. Diesem fügte er 1830 ein kleines Walzwerk hinzu und erbaute in demselben Jahre den Marthaofen am Bald Eagle Creek. Curtin starb 1856, 86 Jahre alt. — 1818 baute Reuben Trexler, ebenfalls im Juniatathal, das Rennwerk Mary Ann im Trough Creekthal, dem er 1821 den Paradies-Hochofen hinzufügte. In den folgenden Jahren wurden noch verschiedene Eisenhütten im Juniatathal gegründet, doch war die Eisenindustrie gehemmt durch die Schwierigkeit des Transportes nach Pittsburg, der nur in Karren (waggons) auf beschwerlichen Wegen bewerkstelligt werden konnte. Dies änderte sich, als 1828 der Pennsylvaniakanal eröffnet wurde. Von da an nahm die Verschiffung von Eisen nach Pittsburg sehr zu und neue Eisenwerke erstanden.

Auch im östlichen Pennsylvanien nahm die Eisenindustrie von Jahr zu Jahr zu. In Lehighthal erbaute M. S. Henry 1824 den Katharinenofen bei Bushkill. David Heimbach jun. gründete 1820 den Clarissaofen bei dem Clarissahammer am Aquashicola Creek in Carbon county und David Heimbach sen. baute 1827 einen Hochofen am Pocopoco Creek. Dieser wurde später, 1836, von William Miller gekauft und in Mary-Ann-furnace umgetauft. Er blieb bis 1859 im Betriebe. 1826 wurde der Lehigh-Hochofen am Trout Creek bei Heidelberg (jetzt Washington) errichtet, der bis 1854 betrieben

Digitized by Google

wurde. Auch verschiedene Rennwerke entstanden um diese Zeit in Carbon- und Monroe-County, die ihre Erze aus dem nördlichen New-Jersey bezogen.

In Berks County gab es 1830 11 Hochöfen und 24 Hammerwerke. In Delaware County zählte man 1828 5 Walz- und Schneidwerke. Dr. Charles Lukens, der 1816 das Brandywine-Walzwerk erworben hatte, walzte hier die ersten Kesselbleche. Dr. Luckens starb 1825, seine Witwe, Rebekka W. Luckens, führte aber das Geschäft 20 Jahre lang mit grofsem Erfolge fort. Nach ihrem Tode hiefs das Werk nur Luckens' rolling mill. 1826 wurde der Mariaofen bei Hamilton ban in Adams County erbaut und bis 1838 betrieben. In derselben Grafschaft entstand 1830 der Chesnut-Groveofen zu Idaville, der noch im Betriebe steht. Carrick furnace in Franklin County wurde 1828 angeblasen und ging bis 1884 und Franklin furnace bei St. Thomas von 1828 bis 1882. Zu Shippensburg wurde 1824 der Augustaofen, 1826 der Mary-Ann-Ofen und 1830 die zwei Southampton-Öfen erbaut. Während die Zahl der Hochöfen in dieser Gegend zunahm, kamen die Rennwerke im Susquehannathal, nördlich von Harrisburg, 1828 zum Erliegen.

In Lycoming county wurde 1824 der Pine Creek-Hochofen errichtet und um 1828 mehrere Eisenhämmer am Lycoming Creek.

Im nordwestlichen Pennsylvanien entstand 1818 in der Grafschaft Armstrong eine Hochofenanlage am Bear Creek, welche deshalb von besonderem Interesse ist, weil sie für Koksbetrieb eingerichtet und mit einem Gebläse mit Dampfmaschinenbetrieb ausgerüstet war. Der Versuch, mit Koks zu schmelzen, mifslang aber gänzlich. Der Ofen fror sofort ein, wahrscheinlich infolge des viel zu schwachen Gebläses. Infolgedessen wurde der Betrieb mit Holzkohlen fortgesetzt. 1832 erzeugte der Bear Creek-Hochofen 40 Tonnen Roheisen in der Woche und war bekannt als der gröfste Ofen der Vereinigten Staaten. 1828 wurde der Slipery Rock-Ofen in Butler county, der Clarion-Ofen in Clarion county und noch mehrere andere Hochöfen in dieser Gegend erbaut.

In Pittsburg wurde 1818 ein Walzwerk errichtet für Walzeisen und Bleche. 1819 entstand das erste Puddel- und Walzwerk, die Union rolling mill, mit vier Puddelöfen, welches nach Swanks Ansicht überhaupt das erste Walzwerk der Union war, das regelmäfsig Stabeisen walzte. Hier soll Samuel Leonhard auch das erste Winkeleisen und auch L-Eisen für Salzpfannen gewalzt haben. 1820 wurde eine Sensenschmiede und 1821 ein zweites Walzwerk hinzugefügt.

Digitized by Google

1824 erbaute Dr. Peter Schönberger die Juniata-Eisenwerke. 1825 entstanden Sligo mill und Dowlais works. 1826 zählte man bereits fünf Walzwerke im Betriebe und eins im Bau. Vier davon verarbeiteten Roheisen, walzten das gefrischte oder gepuddelte Eisen zu Blech und Bandeisen, spalteten es und schnitten Nägel; eins walzte Stabeisen und Kesselbleche. Die Jahresproduktion der Eisenindustrie der Stadt wurde damals schon auf 3 Millionen Dollar geschätzt. An dem Aufschwung der Walzwerksindustrie in Pittsburg hatte die Firma Baldwin, Robinson, Mc. Nickle & Beltzhoover grofse Verdienste. Pittsburg besafs auch bedeutende Fabriken für Ambosse, Schraubstöcke u. s. w. Grofsartig war seine Nägelfabrikation, wie denn überhaupt kein Ort der Union gleich grofse Vorteile für Eisen- und Eisenwarenfabriken bot. Pittsburg war hierin der Lieferant für den ganzen Westen.

Das erste Walzwerk in Alleghany City war das 1827 erbaute Juniata-Walzwerk. 1829 zählte man in der Grafschaft Alleghany sechs Walzwerke in der Stadt, die 6000 Tonnen Luppen- und 1500 Tonnen Roheisen verarbeiteten und neun Giefsereien, die 3500 Tonnen verschmolzen. Die Walzeisenproduktion betrug 1828 3291 Tonnen, 1829 6217 Tonnen und 1830 9282 Tonnen, woran man die rasche Entwickelung dieser Industrie erkennt. Die meisten Luppen erhielten die Walzwerke aus dem Juniatathal.

Im Staate Delaware wurde 1826 zu Millsborough ein Hochofen mit Giefserei errichtet. Der Hochofen ging bis 1836, die Giefserei bestand noch 1879. 1828 machte die Millsborough foundry 450 Tonnen Roheisen und 350 Tonnen Gufswaren.

Die Entwickelung des Eisenerz- und Kohlengebietes im westlichen Maryland beginnt erst Ende der 20er Jahre. 1828/29 wurden die Yohogany-Eisenwerke, die einen Hochofen und zwei Eisenhämmer für Holzkohlen umfafsten, gegründet.

In Kentucky wurden in der Zeit von 1817 bis 1834 13 Hochöfen erbaut, darunter Pactolus in Carter county 1818, Steam fournace 1817, Enterprise furnace 1826 in Greenup county und Bellefonte furnace in Boyd county 1826. Letzterer war 1890 noch in Betrieb. 1830 zählte man ferner 1 Dutzend Eisenhämmer in Kentucky.

In Tennessee wurde 1829 das erste Walzwerk Cumberland rolling mill in Stewart county erbaut, welches auch bis 1856 das einzige des Staates blieb.

In Alabama entwickelte sich erst in diesem Zeitabschnitte eine Eisenindustrie. Der älteste Hochofen wurde 1818 bei Russelsville, Franklin county, erbaut, 1827 aber wieder verlassen, worauf bis 1843

Digitized by Google

kein neuer errichtet wurde. Dagegen war 1815 bei Montevallo in Shelby county ein Rennwerk entstanden.

Bedeutender waren die Fortschritte in Ohio. Es wurden in der westlichen Reservation neu erbaut bei Middleburg ein Hochofen 1816 und ein Hammer 1819, ein Hochofen bei Tallmadge um dieselbe Zeit, der Arcole-Ofen bei Madison 1825, der Concord-Ofen, ebenfalls im Lake Erie-Bezirk, 1828, desgleichen in demselben Jahre der Geouga furnace bei Painesville. Am Beaver Creek, nicht weit von New-Lisbon, wurde 1822 ein Walzwerk errichtet. Mehr im Süden entstanden 1816 Mary Ann furnace bei Newark und Marble furnace am Brush Creek. Der Unionofen am Hanging Rock wurde 1826/27 erbaut als erster Hochofen diesseits des Ohio, ihm folgte 1827 der Franklinofen in Scioto county und 1828 der Pine Grove- und der Scioto-Ofen.

Zwischen 1826 und 1830 wurden etwa 30 Hochöfen in Ohio errichtet.

Missouri, welches die grofsartigen Eisenerzberge Iron Mountain und Pilot Knob besitzt, hatte schon vor seinem Eintritt in die Union im Jahre 1821 eine Eisenindustrie. Doch war der erste Ofen (? Rennherd) in diesem Erzgebiete erst 1815 oder 1816 von einem gewissen Ashebran bei Straits Creek erbaut worden. Mit demselben war jedenfalls ein Hammerwerk verbunden, denn das Werk lieferte Stabeisen. Das zweite bekannte Unternehmen war eine Art Stückofen, dessen Steingestell in den Hügel in roher Weise eingebaut war, so dafs es bequem von oben beschickt werden konnte. Es wurde sowohl Harrisons furnace als auch Harrisons bloomary genannt und war 1819 oder 1820 von W. Harrison und J. Reever erbaut. Die Erze wurden in Ochsenkarren von den benachbarten Bergen angefahren, gebrannt und dann zerklopft. Den Wind lieferte ein Wassergebläse (water blast), die Luppen wurden mit einem Schwanzhammer (spring-pole-hammer) auf einem Amboís, der nur aus einem 4 Fufs dicken in den Boden eingelassenen Baumstamm bestand, zu groben Stangen ausgeschmiedet. Der erste richtige Hochofen war Springfield furnace in Washington county, der 1823 oder 1824 erbaut wurde. Hier wurde das erste Roheisen in Missouri und überhaupt westlich vom Ohio geschmolzen. Er hiefs später Perrys alter Eisenofen. Mit dem Hochofen waren zwei Eisenhämmer verbunden. Zu Cedar Creek wurde im Jahre 1825 das erste Roheisen in Missouri zu Schmiedeeisen verfrischt. In Phelps county wurde 1829 der Maramec-Hochofen und -Hammer erbaut. Das Werk war später als Masseys Eisenwerk bekannt.

Zu diesen Nachrichten fügen wir noch einiges bemerkenswerte

Digitized by Google

aus dieser Zeit hinzu. 1818 wurde der erste ernsthafte Versuch in Amerika gemacht, Gufsstahl zu fabrizieren. James Wood erbaute 1818 auf Valley Forge in Pennsylvanien einen Gufsstahlofen, um Gufsstahl für Sägeblätter zu machen. Zwei Engländer, John Parkins, Vater und Sohn, leiteten den Betrieb. Sie sollen auch guten Stahl erhalten haben, doch wurde das Unternehmen nach kurzer Zeit wieder aufgegeben.

Das erste Stabeisen, welches in den Neu-Englandstaaten gewalzt wurde, erhielt man 1825 auf dem Bostoner Eisenwerk.

Die Nagelfabrikation, namentlich die Fabrikation mit Maschinen geschnittener Nägel, nahm auch in dieser Periode sehr zu. Man verwendete die von Reed, Pierson, Odiorne und Perkins erfundenen Nagelmaschinen. Die Maschine von Reed war von Mellville Otis verbessert worden.

White und Hayard in Philadelphia bauten 1816 die erste Drahtbrücke über den Schnylkill. Dieselben machten auch zuerst Drahtzäune, wodurch der Drahtverbrauch in Amerika aufserordentlich gesteigert wurde.

Da die Stahlfabrikation in Nordamerika noch sehr unbedeutend war, so wurden die Werkzeuge meistens noch von England bezogen. 1826 gründete Collins eine Fabrik für Hacken, die zuerst mit den englischen Fabriken in Wettbewerb trat.

Da die teuren Arbeitslöhne in den Vereinigten Staaten den Ersatz durch Maschinenarbeit nahelegten, so entwickelte sich früh eine selbständige, eigenartige Maschinenfabrikation. 1822 erfand Henry Ogle, ein Schullehrer in Remington, eine Mähmaschine mit hin- und hergehenden Messern, wie sie heute noch in Anwendung sind. Sie fand aber damals infolge des Widerstandes der ländlichen Arbeiter keine Verbreitung. Doch konstruierte der schottische Pfarrer Patrick Bell auf diesem Princip seine bekannte Mähmaschine.

In diese Periode fällt auch der Bau der ersten Eisenbahnen in Amerika, bei denen allerdings der Unterbau in der Hauptsache noch aus Holz bestand. Die eigentlichen Schienen waren Holzbalken, die nur mit Flacheisen 3 Zoll breit und $^1/_4$ Zoll dick belegt waren. So war die 1826 eröffnete, 4 engl. Meilen lange Quincy-Eisenbahn in Massachusetts konstruiert und ähnlich die 1827 eröffnete Mauch-Chunk-Eisenbahn. Am 24. Mai 1830 wurde die erste Passagierbahn von Baltimore nach Ohio eröffnet, und am 6. Dezember 1830 folgte die Bahn von Charleston nach Hamburg in Südkarolina.

Digitized by Google

Die Zeit von 1831 bis 1850.

Einleitung.

Dieser Zeitabschnitt, der die Jahre von der Julirevolution und der Gründung Belgiens bis zu der ersten Weltausstellung umfafst, ist reich an Fortschritten des Eisenhüttenwesens sowohl auf theoretischem, wie auf praktischem Gebiet. Er ist am meisten charakterisiert durch den Einfluſs, den die fortschreitende Entwickelung der Eisenbahnen ausgeübt hat, welcher die Eisenhütten und Walzwerke immer mehr zur Massenproduktion zwang und alle Zweige der Eisenfabrikation in dieser Richtung beeinfluſste und der durch den Lokomotivenbau der Maschinenfabrikation eine neue, groſsartige Anregung gab.

Hinter den praktischen Fortschritten blieben aber die theoretischen keineswegs zurück. Dies kommt schon in dem umfangreichen technischen Schrifttum jener Periode zum Ausdruck.

Litteratur 1831 bis 1850.

Die Litteratur des Eisens nahm einen immer gröſseren Umfang an und wurde durch vortreffliche Werke bereichert. Frankreich und Deutschland wetteiferten auf diesem Gebiete, und erschienen gleich im Beginn dieses Zeitabschnittes, ganz besonders in Frankreich und Belgien, Werke von hervorragender Bedeutung für den praktischen Eisenhüttenmann.

Im Jahre 1832 wurde eine Monographie über das in englischer Weise neu erbaute Eisenwerk von Decazeville veröffentlicht, welche die gröſste Beachtung verdient. Sie heifst: Examen analytique de l'usine de Decazeville par M. Pillet-Will, Paris 1832. Obgleich dieses Buch in Folio eigentlich nur ein ausführlicher Bericht an die Aktionäre der Gesellschaft ist, so hat es doch einen weitgehenden Einfluſs ausgeübt und ist für die französische Fachlitteratur zum Teil

Digitized by Google

bestimmend geworden. Denn hier war zum erstenmale an einem einzelnen praktischen Beispiel die ganze Entstehung und der ganze Betrieb eines Hüttenwerkes neuester Art dem Publikum vorgeführt und durch Konstruktionszeichnungen und Abbildungen, welche den Originalentwürfen des Hüttenwerkes entnommen waren, illustriert. Diese Richtung, die Eisenhüttenkunde an Beispielen aus der Praxis zu erläutern und Zeichnungen zu liefern, welche so genau und zuverlässig waren, dafs sie als Werkzeichnungen dienen konnten, ist von da an in Frankreich herrschend geworden, wobei man allerdings an die vorbereitenden Arbeiten von Héron de Villefosse erinnern mufs, der sein vortreffliches Werk „De la richesse minerale" auch schon mit genauen Zeichnungen, wenn auch in kleineren Umrissen, ausgestattet hatte. Durch diese neue Art der Wiedergabe von Konstruktionszeichnungen in grofsem Mafsstabe erlangten die Tafeln mindestens die gleiche Bedeutung wie der Text. Muster dieser Richtung waren die Werke über Eisenhüttenkunde von Walter und Le Blanc, von Flachat, Barrault und Petiet und von Valerius, auf die wir gleich zurückkommen werden.

Auf theoretischem Gebiete war die bedeutendste Leistung der 30er Jahre Berthiers Traité des essais par la voie sèche, Paris 1834. Das Buch erschien noch in demselben Jahre in deutscher Übersetzung von Karl Hartmann unter dem Titel „Handbuch der Probierkunst von P. Berthier", Nürnberg 1834. 1847 wurde eine zweite französische Ausgabe davon veröffentlicht. Dieses vortreffliche Werk enthält einen Schatz metallurgischer Beobachtungen, von denen sich viele auf das Eisen beziehen.

1834 veröffentlichte Dufrénoy seinen vortrefflichen Rapport sur l'emploi de l'air chaud dans les usines à fer de l'Ecosse et de l'Angleterre. In den Jahren 1837 und 1839 gaben Dufrénoy, Élie de Beaumont, Coste und Perdonnet eine zweite Auflage ihrer Voyage métallurgique en Angleterre heraus.

1835 bis 1838 erschien in Paris die vortreffliche Eisenhüttenkunde von Walter de St. Ange: Métallurgie pratique du fer etc., avec atlas de machines, appareils et outils actuellement employès, dessiné et gravé par Le Blanc. Von demselben erschien 1839 zu Weimar die deutsche Übersetzung von Dr. Karl Hartmann unter dem allgemeinen Titel: Le Blanc und Walters praktische Eisenhüttenkunde. Der ausgesprochene Zweck dieses bekannten Werkes war nicht ein Lehrbuch zu schreiben, sondern in systematischer Aufeinanderfolge in die praktische Eisenhüttenkunde einzuführen und dem Ingenieur und

Digitized by Google

Hüttenmann durch Beschreibungen und genaue Zeichnungen wirklich ausgeführter Anlagen, Apparate und Maschinen die Mittel zur selbständigen Ausführung derselben an die Hand zu geben. Der aus 66 grofsen Tafeln bestehende Atlas enthält nicht nur die im Text erwähnten Maschinen und Apparate, sondern auch die einzelnen Teile derselben nach einem so grofsen Mafsstabe, dafs die Tafeln als Werkzeichnungen bei Anlagen benutzt werden konnten.

Das Werk erfüllte seinen Zweck, die bedeutende bestehende Lücke zwischen Theorie und Praxis auszufüllen. In demselben war auch bereits die Benutzung des heifsen Windes in eingehender Weise berücksichtigt.

Walter de St. Ange war selbst ein praktischer Eisenhüttenmann von grofser Erfahrung. Er hatte verschiedene Werke, namentlich die Eisenhütte von La-Voulte, gebaut und geleitet. Deshalb war er zur Abfassung eines solchen Buches besonders geeignet. Das nützliche Werk fand denn auch die allgemeinste Anerkennung. Es zerfällt in zwei Teile, von denen der erste die Roheisenerzeugung, der zweite die Stabeisenbereitung behandelt. Über Stahlbereitung enthält es nichts. Mehr noch als die ersterwähnte Arbeit von Pillet-Will hat dieses Buch den nachfolgenden französischen Veröffentlichungen zur Richtschnur gedient.

Entsprechend der grofsen Bedeutung, welche das Puddelverfahren und der Walzwerksbetrieb erlangten, beschäftigten sich die später erschienenen grofsen Werke vorzugsweise mit diesem Zweig der Eisenindustrie. Fast gleichzeitig erschienen zwei umfangreiche Handbücher in französischer Sprache. Das erste derselben hatte die französischen Ingenieure E. Flachat, A. Barrault und J. Petiet zu Verfassern. Es erschien in drei Teilen, von denen der erste, Fabrication de la Fonte, 1842, der zweite, Fabrication du Fer, 1844, und der dritte, Examen statistique et commercial, 1846 erschienen sind; denselben war ein Atlas von 92 Tafeln beigegeben. Auch von diesem Werke erschien alsbald eine deutsche Bearbeitung von Dr. Karl Hartmann unter dem Titel „Praktische Eisenhüttenkunde“ in vier Bänden, die aber vielfach von dem Original abwich.

Flachat war ein hervorragender französischer Ingenieur, der schon früher seinen Namen durch Veröffentlichungen in den Annales des mines in weiteren Kreisen bekannt gemacht hatte. Barrault und Petiet waren ebenfalls Ingenieure. Durch das Zusammenwirken dieser erfahrenen Praktiker kam ein Werk zustande, das eine Fülle von Material enthielt und sich durch vortreffliche Ausstattung aus-

Digitized by Google

zeichnete. Namentlich ist der Atlas von 86 Kupfertafeln Zeichnungen und 6 Tafeln Karten eine vortreffliche und schätzenswerte Leistung. Der erste allgemeine Teil beginnt mit einer geschichtlichen Einleitung, welche wohl der schwächste Abschnitt des Werkes ist. Es folgt sodann die Lehre von den Brennmaterialien, Erzen und Zuschlägen und die Schilderung des Hochofenbetriebes. Der zweite Teil enthält die Stabeisenbereitung, und ist namentlich der Puddel- und Walzbetrieb sehr ausführlich und gründlich behandelt. Auf diesem Gebiete hatte namentlich Flachat grofse praktische Erfahrungen und Verdienste. Der dritte Teil enthält die Industrie- und Handelsstatistik, worin die französischen Verhältnisse besonders ausführlich behandelt sind.

Das andere mit dem eben erwähnten fast gleichzeitig erschienene wichtige Werk war das des Belgiers Valerius: Traité theorétique et pratique de la Fabrication du Fer, avec un Exposé des Améliorations dont elle est susceptible, principalement en Belgique, Paris 1843. Während das erstgenannte Buch hauptsächlich französische Verhältnisse berücksichtigt, liegen letzterem die belgischen Zustände und Einrichtungen zu Grunde, die sich durch ihre Neuheit, Vortrefflichkeit und Grofsartigkeit auszeichneten. Auch diese Schrift ist durchaus praktisch und ganz in dem Sinne Walters de St. Anges gehalten. Die zahlreichen Beispiele und Abbildungen gaben den Eisentechnikern jener Zeit ein reiches Material zu praktischer Verwertung in die Hände.

Auch dieses Werk wurde alsbald nach seinem Erscheinen von Karl Hartmann ins Deutsche übersetzt und „bearbeitet“ unter dem Titel: Theoretisch-praktisches Handbuch der Stabeisenfabrikation u. s. w., Freiberg 1845. 1875 erschien eine zweite Auflage des französischen Originals.

Dieser Arbeit, welche sich ausschliefslich mit der Stabeisenbereitung beschäftigte, folgte 1850 von demselben Verfasser: Valerius, Traité theoretique et pratique de la Fabrication de la Fonte, accompagné d'un Exposé des Améliorations dont elle est susceptible, principalement en Belgique, mit einem Atlas von 31 Tafeln. Die deutsche Übersetzung von Karl Hartmann erschien 1851 zu Freiberg unter dem Titel: Theoretisch-praktisches Handbuch der Roheisenfabrikation. Das Werk enthält, wie das zuvor genannte, einen reichen Schatz praktischer Erfahrungen.

Wichtige französische Specialschriften waren Damemme, Essai pratique sur la manière de travailler l'acier, welches 1839 von Dr. J. H. Hartmann unter dem Titel: Praktisches Handbuch der

Digitized by Google

Fabrikation und Bearbeitung des Stahles, in deutscher Übersetzung herausgegeben wurde, und das vortreffliche Werk über Eisengiefserei von A. Guettier, De la Fonderie, telle qu'elle existe aujourdh'ui en France et de ses nombreuses Applications à l'Industrie; avec 11 grandes Planches, Paris 1844; ferner Delvaux de Fenffe, De la situation de l'industrie de fer en Prusse etc., Liège 1844, und von demselben Du travail du fer au moyen des gaz produits par des combustibles de peu de valeur, Brüssel 1845.

Eine grofse Anzahl vortrefflicher französischer Abhandlungen über einzelne Gegenstände aus dem Gebiete der Eisenindustrie finden sich in den Annales des mines, der umfangreichsten und reichhaltigsten unter den berg- und hüttenmännischen Fachzeitschriften jener Zeit. Wir nennen die bemerkenswerten Arbeiten von Berthier, Dufrénoy, Ebelmen, François, Rolin, Guenyveau, Sauvage, Bineau, Regnault, Le Play, Gruner, welche wir nicht alle einzeln aufführen können.

Von den in deutscher Sprache in dieser Periode erschienenen Werken ist bei weitem das wichtigste die dritte Auflage von Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde von 1841. Dasselbe war wieder gegenüber der zweiten Auflage ein ganz neues Werk geworden, in welchem alle Fortschritte seit dem Jahre 1828 gründlich berücksichtigt sind, so namentlich die Anwendung des erhitzten Gebläsewindes, die Benutzung der Hochofengase, die Fortschritte des Walzwerksbetriebes u. s. w. Äufserlich hatte die neue Auflage dadurch eine Veränderung erfahren, dafs der Text 5 Bände umfafst und dem Werke ein grofser Atlas von 63 Kupfertafeln beigegeben ist. Dieses ausgezeichnete Tafelwerk kann als die charakteristischste und bedeutendste Verbesserung der neuen Auflage angesehen werden. Karsten hat damit den gesteigerten Anforderungen Rechnung getragen und eine Sammlung von Illustrationen zu seinem vortrefflichen Werke geliefert, welche wie dieses von bleibendem Werte ist.

1831 war auch Karstens System der Metallurgie in 5 Bänden erschienen, welches in seinem allgemeinen Teile ebenfalls für die Eisenhüttenkunde von grofser Bedeutung ist.

Der fruchtbarste Schriftsteller dieser und der nächstfolgenden Periode war der bereits genannte Dr. Karl Hartmann. Er beschäftigte sich hauptsächlich damit, fremde Werke ins Deutsche zu übersetzen, und haben wir ihn bereits von dieser Seite als Übersetzer der Werke von Walther de St. Ange und Le Blanc, von Flachat, Barrault und Petiet, von Valerius und Anderer kennen gelernt.

Digitized by Google

Dieses war auch der verdienstvollste Teil seiner Thätigkeit, die er nur dadurch verkümmerte, dafs er die Werke nicht übersetzte, sondern „bearbeitete". Darunter verstand er, dafs er Kapitel, die ihm in einem anderen Werke besser zu sein schienen, fortliefs und den betreffenden Text aus dem fremden Werke an deren Stelle setzte. Hierfür mufste ihm am meisten Karstens Metallurgie herhalten. Anfangs wies er noch meist auf die Herkunft dieser willkürlichen Einschaltungen hin, später aber schien ihm das gar nicht mehr nötig. Dadurch wurde der Wert der Übersetzungen wesentlich verringert, besonders vom historischen Standpunkte aus betrachtet, weil ganze Abschnitte, die unter dem Titel des Werkes und dem Namen des Verfassers mitgeteilt wurden, diesem gar nicht zugehörten.

Dieses Verfahren bildete er bis zur Virtuosität aus bei den zahlreichen Werken, die er als eigene Werke unter seinem Namen herausgab und die durchweg Zusammentragungen aus anderen Werken sind, und zwar nicht satz- oder seitenweise, sondern kapitel- und abschnittweise. Diese Konglomerate bildeten dann wieder den Rohstoff für seine „populären" Werke über Metallurgie, die schliefslich nur noch Scherenarbeit waren. Aufser den oben genannten französischen Werken bearbeitete er Guettiers Werk De la Fonderie, gab es aber als sein eigenes Werk unter dem Titel „Vollständiges Handbuch der Eisengiefserei u. s. w." 1847 heraus. In dasselbe hineinverarbeitet sind die betreffenden Kapitel aus Karstens Eisenhüttenkunde und Karmarschs mechanischer Technologie.

Wir können von Hartmanns unzähligen Schriften, die immerhin einen vorübergehenden buchhändlerischen Erfolg hatten, nur die wichtigsten aufzählen.

1825 gab er ein Handwörterbuch der Mineralogie, Berg-, Hütten- und Salzwerkskunde, nebst der französischen Synonyme und einem französischen Register in 2 Bdn. heraus, welches 1859/60 in einer zweiten Auflage in 3 Bdn. erschien.

1833 veröffentlichte er ein Lehrbuch der Eisenhüttenkunde in 2 Bdn. nebst 2 Atlanten mit 20 Tafeln. Die in demselben Jahre erschienene Schrift: Über die Erzeugung des Roh- und Stabeisens in England ist die Übersetzung eines anonym erschienenen englischen Werkchens von kaum historischem Interesse.

Als ein Sammelwerk in Heften kam das umfangreiche Werk: Über den Betrieb der Hochöfen, Kupolöfen etc. mit erhitzter Gebläseluft in 6 Bdn. mit 23 Tafeln in den Jahren 1834 bis 1841 heraus. Da die Anwendung des heifsen Windes damals die wichtigste Tagesfrage bildete, so hatte dies Werk, in dem die hervorragendsten Publikationen über den Gegenstand zusammengetragen sind, eine gewisse Bedeutung für jene Zeit. Litterarisch ist es von geringem Wert.

1837 veröffentlichte K. Hartmann ein Handbuch der praktischen Metallurgie, nebst einem Anhang über die Anfertigung der Eisenbahnschienen in 2 Bdn. mit 15 Tafeln.

Digitized by Google

Die 1838 erschienene „Probierkunst" war eine Bearbeitung von Chaudet, l'art de l'essayeur.

1838 bis 1841 gab Hartmann sein „Encyklopädisches Wörterbuch der Technologie, der technischen Chemie, Physik und des Maschinenwesens" in 4 Bdn. mit 73 Tafeln heraus. Diesem folgte

1840 „Praktisches Handbuch über die Anlagen von Eisenbahnen" mit 16 Tafeln.

1841 „Vollständige Brennmaterialienkunde".

1843 „Grundrifs der Eisenhüttenkunde", von dem 1852 eine zweite Auflage erschien.

1844 „Über den Eisenhüttenbetrieb mit den aus den Hochöfen etc. entweichenden und aus festen Brennmaterialien erzeugten Gasen". 3 Bände mit 16 Tafeln.

1851 „Die Fortschritte der Eisenhüttenkunde als Ergänzung zur dritten Auflage von Karstens Eisenhüttenkunde".

1853 „Die Bereitung und Verarbeitung des Stahls" nach dem englischen Werke von Overman. In zweiter Auflage 1856.

1854 Steinkohlen und Eisen in Beziehung zu den neuesten Handels- und Zollverhältnissen.

1855 Vademecum für den praktischen Eisenhüttenmann, welches verschiedene Auflagen erlebte.

1856 Vollständiges Handbuch der neuesten englischen Werkzeuglehre.

1858 Der praktische Puddel- und Walzmeister.

1858 Handbuch der Bergbau- und Hüttenkunde mit Atlas von 45 Tafeln.

1858 bis 1863 Die Fortschritte des Eisenhüttengewerbes in der neueren Zeit. 6 Bde. mit 40 Tafeln.

1860 Handbuch der Eisenhüttengewerbskunde etc. mit 18 Tafeln.

1861 Praktisches Handbuch der Blechfabrikation etc. mit 5 Tafeln.

Wir haben hier nur diejenigen Werke Hartmanns aufgeführt, die sich auf die Eisenindustrie beziehen, aufserdem hat er zahlreiche Bücher mineralogischen, bergwissenschaftlichen und sonstigen Inhalts veröffentlicht neben einer grofsen Zahl von Übersetzungen.

Eine verdienstvolle Schöpfung war die Berg- und Hüttenmännische Zeitung, deren erster Band 1842 erschien und welche sich als eine der angesehensten Fachzeitschriften bis heute erhalten hat.

Aus dieser kurzen Übersicht ersieht man schon die fleifsige litterarische Thätigkeit und die grofse Arbeitskraft Hartmanns, und da seine Werke billig waren, seine Übersetzungen z. B. viel billiger als die Originalwerke, so fanden sie Käufer und waren für die Verleger gewinnbringend. Hartmann hat hierdurch zur Popularisierung der Eisenhüttenkunde nicht wenig beigetragen.

Ein ebenso gediegenes als originelles Werk war „Die Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden oder der wohlunterrichtete Hammermeister" von Peter Tunner 1846, von dem 1858 eine zweite Auflage erschien. Durch dieses Buch, welches einen Reichtum

Digitized by Google

praktischer Mitteilungen enthält und ganz auf eigenen Erfahrungen aufgebaut ist, führte sich der berühmte Direktor und Schöpfer der kaiserlich österreichischen Montananstalt zu Leoben in weiteren Kreisen der Fachgenossen ein. Er verdunkelte die früher erschienenen Schriften von August Wigand, Frischereibetrieb, 1837, und von F. Overman, Über das Frischen des Roheisens etc., Brünn 1838. Overman war damals Betriebsingenieur zu Blansko in Mähren. Später wanderte er nach Nordamerika aus und erwarb sich dort einen grofsen Ruf als Fachschriftsteller in englischer Sprache.

Lampadius veröffentlichte 1839 noch einen Nachtrag zu seiner Hüttenkunde unter dem Titel „Die neuen Fortschritte auf dem Gebiete der gesamten Hüttenkunde".

1848 erschien der erste Band von Theodor Scheerers Lehrbuch der Metallurgie, welches durch seine Gediegenheit und geistvolle Behandlung zu den gröfsten Erwartungen berechtigte. Leider ist das Werk unvollendet geblieben, und kam von dem eigentlich praktischen Teile nur eine Lieferung im Jahre 1853 heraus.

Wichtige Einzeldarstellungen waren:

F. Th. Merbach, Die Anwendung der erhitzten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie und 35 Tafeln Abbildungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft, beide aus dem Nachlasse des Oberberghauptmanns Freiherrn von Herder; erschienen 1840 zu Freiberg.

G. Göth, Vordernberg in der neuesten Zeit. 1839.

L. Wachler, Die Eisenerzeugung Oberschlesiens (1847 bis 1851) und Niederschlesiens (1848).

C. J. N. Balling, Die Eisenerzeugung in Böhmen. 1849.

Statistische Werke über die Eisenindustrie dieser Zeit sind T. L. Hasse, Die Eisenerzeugung Deutschlands, aus dem Standpunkte der Staatswirtschaft betrachtet, 1836, und Das europäische Eisenhütten-Gewerbe, von einem erfahrenen Hüttenmanne. Leipzig 1848.

Von Hüttenmännischen Zeitschriften sind zu nennen Karstens Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde, 1829 bis 1855.

Kalender für den sächsischen Berg- und Hüttenmann auf die Jahre 1827 bis 1851, der sich aber nur wenig mit Eisenhüttenkunde befafst.

Zahlreiche Aufsätze hierüber enthielt dagegen die bereits oben erwähnte Berg- und Hüttenmännische Zeitung von Karl Hartmann, welche seit 1842 in Leipzig erschien.

Digitized by Google

Von hervorragender Bedeutung für die Eisenhüttenkunde wurde das von P. Tunner herausgegebene Jahrbuch für den innerösterreichischen Berg- und Hüttenmann, die steiermärkische ständige montanistische Lehranstalt Vordernberg betreffend. 1. bis 4. Jahrgang, 1841 bis 1846.

1848 erschien in Wien das Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann des österreichischen Kaiserstaates.

Die litterarische Produktion Englands stand zwar in keinem Verhältnisse zu der Gröfse und Bedeutung seiner Industrie, doch hat sie in dieser Periode einige sehr beachtenswerte Veröffentlichungen zu verzeichnen. Es sind dies: A comprehensive History of the Iron Trade throughout the world from the earliest records to the present period by Harry Scrivenor, London 1842; sodann: Papers on Iron and Steel, practical and experimental, with copious illustrative notes by David Mushet, London 1842.

1850 erschien E. Ronalds und Th. Richardsons Treatise on Metallurgy and the Chemistry of the metals, 3 Vol.

Als amerikanischer Schriftsteller erscheint der oben erwähnte Overman mit seinem Werke The Manufacture of Iron in all its various branches, London 1850. Diesem folgte

1851 The Manufacture of Steel, containing the practise and principles of working and making steel, Philadelphia 1851.

Fachschulen und Vereine 1831 bis 1850.

Von den sonstigen Förderungsmitteln der Eisenindustrie sind die Fortschritte des gewerblichen und Fachschulwesens zu erwähnen.

Als die für die Eisenindustrie wichtigste Schöpfung jener Zeit mufs die Gründung der montanistischen Lehranstalt zu Vordernberg in Steiermark im Jahre 1840, aus welcher 1849 die für das Eisenhüttenwesen so hochwichtige Akademie zu Leoben hervorgegangen ist, angesehen werden. Sie war eine Schöpfung des um Steiermark und die steierische Eisenindustrie hochverdienten Erzherzogs Johann. Dieser grofse Fürst war, wie viele Glieder des Hauses Habsburg, ein warmer Freund der Natur und der Naturwissenschaften. Er hatte diese mit Eifer studiert und schöne Sammlungen angelegt. Mit der Liebe zur Naturwissenschaft verband er einen gemeinnützigen und praktischen Geist. Dieser veranlafste ihn, ihm Jahre 1811 ein naturwissenschaftliches Lehrinstitut, das Johanneum, in Graz zu gründen, dem er seine reichen Sammlungen schenkte.

Digitized by Google

Das Institut entsprach einem Polytechnikum. Da aber Bergbau und Eisenhüttenkunde für den Steiermärker die wichtigsten Industrieen waren, so strebte Erzherzog Johann danach, einen besonderen Lehrstuhl für Berg- und Hüttenwesen an dem Johanneum zu errichten. Nach langen Verhandlungen[1]) wurde endlich von den steierischen Ständen im Jahre 1836 beschlossen, einen solchen Lehrstuhl zu gründen, aber nicht in Graz, sondern in Vordernberg, in dem Centrum der steierischen Eisenindustrie. Er sollte vorzugsweise dieser gewidmet sein, mit dem Johanneum aber organisch verbunden bleiben. Diejenigen, welche sich dem Studium des Hüttenwesens widmen wollten, sollten erst den dreijährigen Kurs des Johanneums durchmachen und dann ein Jahr in Vordernberg in den Fachwissenschaften ausgebildet werden. Bereits im Jahre 1835 war der rechte Mann für diesen neuen und schwierigen Lehrstuhl gefunden: der erst 26jährige Peter Tunner wurde auf direkten Vorschlag des Erzherzogs hierfür ernannt[2]). Er war ein Kenner des steierischen Eisenhüttenwesens wie wohl kaum ein anderer; um aber seine Kenntnisse und seinen Blick zu erweitern und ihn für seinen Lehrberuf vorzubereiten, wurden auf Wunsch und unter Beihülfe des edlen Erzherzogs die Mittel bewilligt, um Tunner die wichtigsten Eisenindustriebezirke Europas besuchen zu lassen. Drei Jahre hindurch bereiste Tunner Österreich-Ungarn, Deutschland, Schweden, England und Schottland, Frankreich und Belgien und hatte dadurch Gelegenheit, einen Schatz von hüttenmännischen Kenntnissen zu sammeln, wie es nur wenigen damals vergönnt war.

Selten ist wohl ein Geldbetrag so gut angewendet worden und hat so reiche Früchte getragen, denn dadurch wurde Tunner der vortreffliche Lehrer und Förderer der Eisenhüttenkunde, als der er

---

[1]) Siehe Denkschrift zur 50jährigen Jubelfeier der kaiserl. königl. Bergakademie in Leoben 1840 bis 1890.

[2]) Peter Ritter von Tunner wurde am 10. Mai 1809 zu Untergraden bei Köflach auf dem Tunnerhammer geboren. Er besuchte das Polytechnikum in Wien, das er 1831 verliefs. Bei seinem Vater, der als Verwalter des Eisenhochofens in Turrach in fürstl. Schwarzenbergsche Dienste getreten war, hatte er Gelegenheit zu praktischer Ausbildung gehabt, so dafs er, kurz nachdem er Wien verlassen, die Stelle eines Verwalters des fürstl. Schwarzenbergschen Hammerwerkes Katsch bei Murau übernehmen konnte. Hier erzielte er solche Erfolge, dafs die Aufmerksamkeit Erzherzog Johanns auf ihn gelenkt wurde. Seine grofsen Verdienste um das Eisenhüttenwesen werden in unserer Geschichte häufig Erwähnung finden. Es sei nur noch bemerkt, dafs Tunner 1858 kaiserl. königl. Sektionsrat, 1864 als Ministerialrat unter Verleihung des Ordens der eisernen Krone in den Ritterstand erhoben wurde. Am 8. Juni 1897 starb Peter von Tunner im 89. Lebensjahre.

Digitized by Google

bald weithin bekannt wurde. Nur wer zu seinen Füßen gesessen, weiß seine hohe Bedeutung als Lehrer ganz zu würdigen. Schwerlich hat es je einen gegeben, der die verwickeltsten und trockensten technischen Vorgänge in so klarer und fesselnder Weise vorzutragen verstand. Seine Bedeutung geht aber weit über seine Lehrthätigkeit hinaus: er lebte in und mit der Eisenindustrie, griff anregend, fördernd und helfend ein, wo sich Gelegenheit bot, war selbst erfinderisch thätig und hat an dem Aufschwung des Eisengewerbes in Österreich-Ungarn und auch in Deutschland durch seine eigenen Ideen und durch seine zahlreichen Schüler mitgewirkt. Sein Fleiß und seine Bescheidenheit waren gleich groß. Sein Name ist überall bekannt, wo Eisen bereitet wird, und noch bis vor kurzem lauschte man dem Rate des hochgeehrten, erfahrenen Greises. Theorie und Praxis der Eisenhüttenkunde harmonisch zu pflegen, war der Grundsatz, der ihn leitete und den er mit größtem Erfolge verwirklicht hat. Am 4. November 1840 wurde die neue montanistische Lehranstalt zu Vordernberg eröffnet und Tunner feierlich in sein neues Amt eingeführt. Die Vordernberger Anstalt entwickelte sich rasch zu gedeihlicher Blüte. Aber die Verhältnisse waren beschränkt, und das Bedürfnis, die Anstalt selbständig und unabhängig zu machen und zu einer selbständigen Akademie für Bergbau und Hüttenwesen zu erweitern, wurde immer fühlbarer. Der Sturm vom Jahre 1848 und die Revolution in Ungarn, welche die Thore der Bergakademie zu Schemnitz für längere Zeit den Ausländern verschloß, gab die unmittelbare Veranlassung hierzu. Der österreichische Kaiserstaat übernahm die Lehranstalt und verlegte sie 1849 nach Leoben. Peter Tunner verblieb an der Spitze der neugegründeten kaiserl. königl. Montanlehranstalt zu Leoben, die 1861 zur Bergakademie erhoben wurde.

In Belgien wurde auf Anregung des Königs Leopold durch Beschluß vom 27. September 1836 eine besondere Bergschule zu Lüttich gegründet. Am 1. Oktober 1838 erhielt dieselbe ihre vollständige Organisation.

In Spanien wurde 1836 die Bergschule zu Madrid gegründet, welche die Ausbildung der Staatsingenieure bezweckte, während die ältere, bereits 1777 gegründete Bergschule zu Almaden für die Ausbildung von Unterbeamten bestimmt war.

Nicht unerwähnt darf die Gründung zahlreicher Gewerbevereine in Deutschland innerhalb dieses Zeitraumes bleiben, da dieselben sich große Verdienste um die Ausbreitung technischer Kenntnisse erworben und zur geistigen Hebung des deutschen Gewerbestandes

Digitized by Google

viel beigetragen haben. 1830 wurde der Industrieverein für das Königreich Sachsen und in demselben Jahre der Landesgewerbeverein für Württemberg gegründet, es folgten die Gewerbevereine von Böhmen 1833, von Hannover 1834, von Hessen-Darmstadt 1836, von Braunschweig und von Graz 1838, von Niederösterreich zu Wien 1839, von Oldenburg 1840 und von Nassau zu Wiesbaden 1845.

Ausstellungen 1831 bis 1850.

Die Industrieausstellungen waren gleichfalls ein wichtiges Förderungsmittel für die gewerbliche Thätigkeit geworden. Diese Bedeutung hatten sie zuerst in Frankreich erlangt. Seit Anfang des Jahrhunderts hatten sich hier diese öffentlichen Schaustellungen der Arbeitserzeugnisse, die dem französischen Charakter besonders entsprachen, in kürzeren und längeren Zwischenräumen wiederholt. Seit 1830 hatten sie alle 5 Jahre stattgefunden. Ihre wachsende Bedeutung erkennt man am besten aus der Zunahme der Aussteller. An den Industrieausstellungen zu Paris waren beteiligt:

1801	220	Aussteller	1827	1795	Aussteller
1802	540	„	1834	2447	„
1806	1422	„	1839	3381	„
1819	1662	„	1844	3960	„
1823	1642	„	1849	4494	„

In Deutschland begannen die einzelnen Staaten oder die Provinzen nach 1815 Provinzial- und Landesausstellungen zu veranstalten. Die erste Industrieausstellung für den preufsischen Staat wurde 1822 zu Berlin abgehalten, doch war dieselbe nur von 208 Ausstellern beschickt. Die erste gemeinsame Ausstellung für Deutschland fand 1842 zu Mainz statt mit 715 Ausstellern, dieser folgte 1844 die deutsche Industrieausstellung zu Berlin mit 3040 Ausstellern. In Österreich fand die erste Ausstellung für die ganze Monarchie 1835 in Wien mit 594 Ausstellern statt. Bemerkenswert ist ferner die Ausstellung des österreichischen Gewerbevereins von 1845. In allen europäischen Industriestaaten kamen in der Periode von 1831 bis 1850 ähnliche Ausstellungen zu Stande. Für die Eisenindustrie waren die Ausstellungen in Belgien 1835 zu Brüssel mit 631 Ausstellern, 1841 mit 1015 Ausstellern und 1847 mit 1070 Ausstellern von besonderer Wichtigkeit.

Am Schlusse unseres Zeitabschnittes fafste man in England, be-

Digitized by Google

sonders auf Anregung des Prinz-Regenten Albert, den Plan zu einer grofsen Weltausstellung in London.

Verbesserte Patentgesetze trugen ebenfalls zur Entwickelung der Eisenindustrie bei. In Frankreich wurde am 5. Juli 1844 ein Patentgesetz erlassen; in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 1836, 1837, 1839 und 1842; am 23. September 1842 kam eine Einigung der deutschen Zollvereinsstaaten über die allgemeinen Grundsätze des Patentrechtes zu Stande.

Physik des Eisens 1831 bis 1850.

Indem wir zu den wissenschaftlichen Fortschritten auf dem Gebiete der Eisenhüttenkunde in dem Zeitraume von 1831 bis 1850 übergehen, wenden wir uns zuerst zu der Physik des Eisens.

Untersuchungen über das specifische Gewicht hatten folgendes ergeben. Stahl erleidet bei der Härtung eine Ausdehnung, so dafs der gehärtete Stahl leichter ist, als derselbe Stahl in weichem Zustande. Hierüber stellten Karsten und Hausmann Ermittelungen an. Karsten fand

	gehärtet	nach dem Härten erweicht
Rohstahl Nr. 1	7,7864	7,8112
„ „ 2	7,7451	7,8246
„ „ 3	7,72305	7,7847

Hierbei war der Stahl Nr. 2 am stärksten, bis zur Weifsglut, erhitzt worden.

Hausmann untersuchte Solinger Stahl und fand das specifische Gewicht von

	ungehärtet	gehärtet
sogenanntem unschweifsbarem Gufsstahl . .	7,8439	7,7670
„ schweifsbarem Gufsstahl . . .	7,8577	7,8012

Durch die mechanische Bearbeitung nimmt das specifische Gewicht des Eisens zu, und hatte Karsten dafür folgende Zahlen ermittelt:

	I.	II.
1. Eisen in Stäben von 4 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke	7,8010	7,7862
2. Dasselbe unter dem Hammer zu Stäben von 4 Zoll Breite und $^1/_2$ Zoll Dicke ausgestreckt	7,8122	7,7891
3. Der Stab Nr. 2 zu starken Blechen ausgewalzt . .	7,8388	7,8035
4. Das Blech Nr. 3 zu einem dünnen Blech ausgewalzt	7,8555	7,8399
5. Das Blech Nr. 4 noch dünner ausgewalzt	7,8621	7,8586

Digitized by Google

Bei Draht war die Zunahme des specifischen Gewichtes von Materialeisen bis zum dünnsten Draht von 7,7938 bis 7,8425.

Es war bereits früher nachgewiesen worden, dafs bei der Inanspruchnahme des Eisens auf seine Festigkeit bleibende und nicht bleibende Formveränderungen eintreten.

Der berühmte Physiker Weber in Göttingen fand[1]), dafs, solange hierbei nicht bleibende Formveränderungen eintreten, die Wärmeerscheinungen den allgemeinen Gesetzen folgen, so dafs bei Ausdehnung eine Wärmeverminderung, bei Zusammendrückung eine Wärmevermehrung eintritt. Bei bleibenden Formveränderungen treten dagegen immer bedeutende Temperaturerhöhungen ein. Die Temperatur des Eisens steigt um 100° C., wenn es um $^1/_8$ ausgezogen oder zusammengedrückt wird. Die Gröfse der Formveränderung steht, solange die Grenze der vollkommenen Elasticität noch nicht überschritten ist, im geraden Verhältnisse zu der Gröfse der Kraft, welche die Formveränderung hervorgebracht hat.

Die Grenze der Elasticität des Eisens zu kennen ist von gröfster Wichtigkeit für die Verwendung des Eisens zu Bauzwecken, für Maschinen, kurz für jede Verwendung, wobei das Eisen hauptsächlich auf seine Festigkeit in Anspruch genommen wird. Auch in dieser Periode wurden eine grofse Anzahl wichtiger Untersuchungen hierüber angestellt, von denen wir diejenigen von Karmarsch, Hodgkinson und Brix[2]) hervorheben. Die mit Drähten angestellten Versuche von Brix zeichnen sich durch grofse Genauigkeit aus.

Brix fand, dafs der Eisendraht durch Ausglühen ca. 38 Proz. von seiner Festigkeit verliert. Die Festigkeit des geglühten Drahtes war nicht gröfser als die des groben Stabeisens, dessen Festigkeit im Mittel 60000 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt.

Die im grofsen angestellten Versuche von Eaton Hodgkinson, welche er mit Unterstützung der Eisenhüttenbesitzer Fairbairn und Lillie unternahm, um den für den Bau von Hängebrücken geeignetsten Eisenbalken zu prüfen, sind von grofser praktischer Bedeutung[3]).

[1]) Siehe Poggendorffs Annalen XX, 177.

[2]) Abhandlung über die Kohäsions- und Elasticitätsverhältnisse einiger nach ihren Dimensionen beim Bau der Hängebrücken in Anwendung kommenden Eisendrähte des In- und Auslandes. Mit 2 Tafeln. Berlin 1837.

[3]) Eaton Hodgkinson veröffentlichte 1831 On Suspension-bridges. An inquiry into the proper forms of their Catenaries (Kettenlinien) etc., und 1832 Theoretical and Experimental Researches to ascertain the Strength and best Form of Iron Beams.

1834 veröffentlichte er eine Abhandlung über die Wirkung des Stofses auf eiserne Träger.

Digitized by Google

P. Barlow machte im Auftrage der London-Birmingham-Eisenbahngesellschaft wichtige Festigkeitsversuche zur Ermittelung der besten Form der Eisenbahnschienen, deren Befestigung, Unterlagen u. s. w. Er veröffentlichte seinen Bericht 1835. Damals waren die Schienen mit Doppelköpfen in][-Form sehr beliebt, weil man sie umdrehen konnte, wenn die eine Seite abgelaufen war. Barlow verwarf diese Form und dieses Princip gänzlich und meinte, man solle sich lieber Mühe geben, den Schienenkopf so gut zu machen, dafs kein Umlegen nötig sei.

William Fairbairn führte seine Festigkeitsversuche im Auftrage von Robert Stephenson aus, als dieser sich mit der Konstruktion der Menai-Brücke beschäftigte. Danach widerstand graues englisches Roheisen einem Drucke von 35 bis 40 Tonnen und einer Zugkraft von 3 bis 7 Tonnen auf den Quadratzoll und Puddel-Schmiedeeisen einem Drucke von 12 bis 13 Tonnen und einer Zugkraft von 16 bis 18 Tonnen auf den Quadratzoll. Für das Roheisen hat Fairbairn, ebenso wie in Österreich von Mietis[1]), den Elasticitätsmodulus zwischen 1100000 und 1700000 schwankend gefunden.

Robert Stephenson stellte 1850 selbst eine Reihe von vergleichenden Versuchen über die Festigkeit des mit heifsem und mit kaltem Winde erzeugten Roheisens an, zur Prüfung der geeignetsten Roheisenarten für die High-Level-Brücke zu Edingburgh[2]).

Aus diesen und anderen Versuchen ging hervor, dafs der Elasticitätsmodulus des Roheisens etwa $^1/_2$ bis $^2/_3$ der Gröfse des Elasticitätsmodulus des Stabeisens beträgt und die absolute Festigkeit der stärkeren Roheisensorten zu der des Stabeisens etwa im Verhältnis von $1 : 2^3/_4$ steht.

Von grofser Wichtigkeit für die Eisenhüttenkunde waren mehrere bedeutende Arbeiten über die Wärme. Hohe Wärmegrade zu messen ist eine schwierige Aufgabe, die bis heute noch nicht ganz gelöst ist. Daniells[3]) verbessertes Register-Pyrometer (s. S. 217) war das beste Mefsinstrument für hohe Temperaturen. Er bestimmte damit die Schmelzpunkte

---

[1]) von Mietis, Beiträge zur Kenntnis des Guís- und Stabeisens und des Stahles. Wien 1829.

[2]) Siehe Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1850, S. 677.

[3]) Siehe Philos. Transact. 1830, II, 257.

Digitized by Google

des Silbers	zu	1873° F.	=	1022$^{7}/_{9}$° C.	=	818° R.
des Kupfers	„	1996 „	=	1091$^{1}/_{9}$ „	=	873 „
des Goldes	„	2076 „	=	1102$^{2}/_{9}$ „	=	882 „
des grauen Roheisens . .	„	2786 „	=	1530 „	=	1224 „

Karsten hielt die Angabe bezüglich des grauen Roheisens für zu niedrig, doch hatte auch Dumas den Schmelzpunkt des Roheisens zu ca. 1500° C. angegeben.

Statt der direkten Messung wendete man zur Bestimmung hoher Temperaturen, namentlich des Schmelzpunktes der Metalle, vielfach ein indirektes Verfahren an. Man brachte das glühende oder geschmolzene Metall in ein Gefäfs mit Wasser von bestimmtem Gewicht und bestimmter Temperatur. Die Menge des Wassers mufste mindestens die vier- bis fünffache des Metalles sein. Der heifse Körper gab seinen Überschufs an Wärme an das Wasser ab. Diese Wärmeabgabe wurde gemessen und aus den specifischen Wärmen des Wassers und des betreffenden Metalles die Temperatur des letzteren vor dem Eintauchen berechnet. Karsten entwickelt für diese Berechnung die Formel $t = T + \frac{(T + t^1).P}{C.Q}$, wobei

t die Temperatur, welche gesucht wird,
T die Temperatur, welche das Wasser nach dem Eintauchen angenommen hat,
t^1 die Temperatur des Wassers vor dem Versuch,
P das Gewicht des Wassers,
Q das Gewicht des Metalls,
C die specifische Wärme des glühenden oder geschmolzenen Körpers, auf die specifische Wärme des Wassers = 1 bezogen, ausdrücken.

Nach dieser Formel berechnet sich die Schmelztemperatur des Roheisens zu 1400 bis 1450° R. = 1750 bis 1812° C., wenn die specifische Wärme des Roheisens zu 0,1260 angenommen wird.

Der französische Physiker Pouillet[1]) machte sorgfältige pyrometrische Messungen, wobei er sich eines magnetischen Pyrometers bediente, dessen Angaben er durch eine Messung der Wärmekapacität des Platins für verschiedene Temperaturen kontrollierte. Das magnetische Pyrometer bestand aus einem thermo-elektrischen Paar, welches eine Magnetnadel in Bewegung setzte, deren Ablenkungen

[1]) Recherches sur les hautes temperatures et sur quelques phänomènes qui en dépendent. Compt. rend. III, 1836.

Digitized by Google

gemessen wurden [1]). Das Paar bestand aus einem Flintenlauf, in dessen Schwanzschraubengänge das Ende eines langen und festen Platindrahtes gelegt war, über welchem die Schraubenmutter dann zugenietet wurde, so dafs der Draht vollständig bedeckt war. Das freie Ende des Drahtes ragte aus der Mündung der Seele des Laufes hervor. An dem anderen Ende des Laufes, dem Schwanzschraubenende, wurde ein Platindraht fest angelötet. Sollte das Instrument angewendet werden, so setzte man die freien Enden beider Drähte durch Quecksilber in leitende Verbindung mit einem elektro-magnetischen Multiplikator, und der Grad der Abweichung der Nadel zeigte den Temperaturgrad des erhitzten unteren Endes des Laufes an, nach den Vergleichungen, welche man für die Grade der Abweichung der Nadel mit gemessenen bekannten Temperaturgraden gemacht hatte. Pouillet ermittelte auf diese Weise folgende Temperaturen:

Anfangendes Rotglühen	525° C.
Dunkelrotglühen	700° „
Anfangendes Kirschrot	800° „
Stärkeres Kirschrot	900° „
Völliges Kirschrot	1000° „
Dunkel Orangerot	1100° „
Lichtes Glühen	1200° „
Weifsglühen	1300° „
Starkes Weifsglühen	1400° „
Blendendes Weifsglühen	1500 bis 1600° „
Silber schmilzt bei	1000° „
Gold „ „	1200° „
Leicht schmelzbares weifses Roheisen	1050° „
Schwer schmelzbares weifses Roheisen	1100° „
Leicht schmelzbares graues Roheisen	1100° „
Schwer schmelzbares graues Roheisen	1200° „
Leicht schmelzbarer Stahl	1300° „
Schwer schmelzbarer Stahl	1400° „
Stabeisen	1500 bis 1600° „

Diese Zahlen waren niedriger als alle entsprechenden früher ermittelten. Karsten war der Ansicht, dafs sie die Schmelztemperaturen ohne allen Zweifel viel zu niedrig angeben. Indessen haben spätere Untersuchungen die gröfsere Richtigkeit und Zuverlässigkeit

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 102.

Digitized by Google

der Pouilletschen Zahlen erwiesen. Die von Karsten und Anderen angenommenen Hitzegrade waren alle zu hoch.

Zu genauen Wärmemessungen, wie die angegebenen, war eine sorgfältige Kontrolle der Werte für die specifische Wärme der verschiedenen Körper ein Bedürfnis. Dieser Arbeit unterzog sich H. V. Regnault in den Jahren 1840 bis 1843[1]). Wir stellen die von ihm gefundenen Zahlen mit den älteren von Dulong und Petit in nachstehender Tabelle zusammen:

Tafel der specifischen Wärme folgender Metalle:

	nach Regnault	nach Dulong und Petit
Eisen	0,11379	0,1100
Gufsstahl	0,11848	—
Weifses Roheisen	0,12983	—
Zink	0,09555	0,0927
Kupfer	0,09515	0,0949
Silber	0,05701	0,557
Arsenik	0,08140	—
Blei	0,03140	0,0293
Wismut	0,03084	0,0288
Antimon	0,05077	0,0507
Malakka-Zinn	0,05633	—
Englisches Zinn	0,05690	0,0514
Nickel	0,10873	0,1035
Kobalt	0,10696	—
Platin	0,03300	0,0314
Platinblech	0,03243	—
Gold	0,03244	0,0298
Wolfram	0,03636	—
Quecksilber	0,03332	0,0330
Kohle	0,24111	—
Schwefel	0,20257	—
Phosphor	0,18800	—

Dulong und Petit fanden, dafs die Ausdehnung der Körper bei höheren Temperaturen eine andere ist als bei niederen Temperaturen. Sie fanden bei dem Eisen die Ausdehnung für jeden Grad

[1]) Recherches sur la chaleur spécifique des corps simples et composés, drei Abhandlungen in den Annal. chym. phys., Ser. II, LXXIII (1810) bis Ser. III, T. I (1841) und T. IX, 1843.

Digitized by Google

	Kubische Ausdehnung	Längenausdehnung
von 0° bis 100°	$\frac{1}{28200}$	$\frac{1}{84600}$
„ 100° bis 300° . . .	$\frac{1}{22700}$	$\frac{1}{68100}$

Rinman hatte schon nachgewiesen, dafs die Ausdehnung von Rotglut bis zur Weifsglut bei Stabeisen $\frac{3}{560}$, bei Stahl $\frac{4}{560}$ und bei Roheisen $\frac{5}{560}$ beträgt, von der gewöhnlichen Temperatur im Sommer bis zur Weifsglut bei Stabeisen $\frac{7}{560}$, bei Stahl $\frac{10}{560}$ und beim Roheisen $\frac{12}{560}$. Prinsep ermittelte [1]), dafs Gufseisen, wenn es mehrmals nacheinander erhitzt wird, bei jeder Erhitzung sein Volum bleibend vergröfsert. Die Schwindung desselben ist abhängig von der Erhitzung des Eisens über den Schmelzpunkt. Deshalb schwindet das bei heifsem Winde erblasene Eisen stärker als das bei kaltem Winde erblasene. Nach Versuchen auf oberschlesischen Hüttenwerken betrug die Schwindung bei letzterem $1^1/_4$, bei ersterem $1^1/_2$ Proz. (Karsten).

Karsten erwähnt bereits (§. 104) die Thatsache, dafs sich Eisendrähte mittels des galvanischen Stromes zusammenschweifsen lassen.

Oechsle in Pforzheim konstruierte 1836 ein Metallthermometer aus einer Feder von Silber und Stahl zur Wärmebestimmung des stark erhitzten Windes. Man konnte mit demselben bequem Temperaturen von 300 bis 400° R. messen [2]).

Chemie des Eisens 1831 bis 1850.

Auf dem Gebiete der Chemie des Eisens sind in dieser Periode folgende Ergebnisse zu verzeichnen. Berzelius schrieb die verschiedenen Eigenschaften des Eisens zwei verschiedenen allotropischen Zuständen desselben zu, die er als Ferrosum und Ferricum unterschied.

Despretz [3]) und Dulong zeigten, dafs das Eisenoxyd durch Kohlenoxydgas in der Hitze zu regulinischem Eisen, unter Bildung von Kohlensäure, reduziert wird, dafs aber auch die Kohlensäure durch regulinisches Eisen in starker Hitze zerlegt wird, wobei Kohlen-

[1]) Siehe Edingburgh Journ. of Science, April 1829, X, 256.
[2]) Siehe Dinglers Polyt. Journ. Bd. 60, S. 191.
[3]) Siehe Annal. de Chim. et de Phys. XLIII, 222.

Digitized by Google

oxydgas und magnetisches Eisenoxyd gebildet werden. Le Play hat die desoxydierende Wirkung von Kohlenoxyd auf Eisen-Sauerstoffverbindungen noch genauer nachgewiesen [1]).

Durch Wasserdampf läfst sich Eisen in der Glühhitze nicht höher oxydieren als bis zu einem Eisenoxyduloxyd (nach Gay-Lussac-Regnault).

Despretz fand, dafs Eisen, welches lange Zeit in einem Ammoniakstrome erhitzt wurde, 5 bis 11 Proz. an Gewicht zunahm, und er erklärte dies aus einer Stickstoffaufnahme des Eisens.

Was die Kohlenstoffverbindungen des Eisens betrifft, so nahm Karsten damals verschiedene Polycarburete des Eisens an und wies nach, dafs beim Erstarren gröfserer Roheisenmassen eine ungleiche Verteilung des gebundenen Kohlenstoffs eintritt. Das Bestreben der Abscheidung des Kohlenstoffs als Graphit geht scheinbar von innen nach aufsen, d. h. das innere Eisen, das länger heifs bleibt, scheidet mehr Graphit aus als das äufsere, das rascher erstarrt. Beim Hartguís tritt diese Verschiedenheit am deutlichsten hervor. Bei langsamem Erstarren können die äufseren Schichten oft 1,75 Proz. gebundenen Kohlenstoff mehr enthalten als die Schichten in der Mitte.

Berthier hatte Karstens Lehre von der Existenz eines Polycarburets angenommen und wollte ein reines Polycarburet von der Zusammensetzung 81,7 Eisen und 18,3 Kohle gefunden haben [2]). Die Existenz des Polycarburets gab aber Karsten selbst 1846 wieder auf. Nur das reine Spiegeleisen sah er als Viertelcarburet, Fe_4C, und als die einzige bestimmte chemische Verbindung von Eisen mit Kohlen an (§. 316). Schafhäutl hielt den Stahl für ein Gemenge verschiedener Eisencarburete von verschiedenen Schmelzpunkten.

Berzelius wies nach, dafs sich Siliciumeisen durch bloíses Glühen oder Cementieren von Eisenfeilspänen mit feingepulverter Kieselerde und Kohlenstaub herstellen lasse. Nach Karsten beträgt der Siliciumgehalt des Roheisens selten weniger als 0,4 Proz., steigt aber bis 3 Proz. und darüber. Unter fast gleichen Umständen enthält das bei heifsem Winde erblasene Roheisen wenigstens 0,3 Proz. Silicium mehr als das bei kaltem Winde erzeugte. Wenn aber auch die Temperatur im Hochofen Einfluís auf den Siliciumgehalt hat, so ist der Einfluís der Beschickung doch viel bedeutender. Silicium teilt im allgemeinen dem Eisen keine dem Gebrauche desselben nachteilige

---

[1]) Siehe Erdmann, Journal für praktische Chemie VII, 222.

[2]) Siehe Annales des mines 3, Ser. II.

Digitized by Google

Eigenschaften mit. Stromeyer hat besonders genaue und ausführliche Versuche über die Verbindung des Eisens mit Silicium angestellt und Siliciumeisen mit $2^1/_4$ bis 9,3 Proz. Silicium dargestellt[1]). Graues Roheisen mit höherem Kohlengehalt ist im allgemeinen ärmer an Silicium als das mit niederem Kohlengehalt. Kohle und Silicium ersetzen einander also gewissermafsen, die Summe beider Stoffe pflegt im grauen Roheisen 4 bis 8 Proz. zu betragen (Scheerer). Das von dem flüssigen Kohleneisen aufgenommene Silicium wirkt mit zur Ausscheidung des Graphits. Der ausgeschiedene Graphit enthält oft selbst mehrere Prozent Silicium (Schafhäutl). Beim Frischen ist der Siliciumgehalt nicht nachteilig, vermehrt aber den Eisenverlust durch Verschlackung. — Schafhäutl schreibt dem Silicium eine wichtige Rolle bei der Bildung und der Zusammensetzung des Stahles zu[2]).

Schafhäutl fand in einem französischen grauen Roheisen den ungewöhnlich hohen Aluminiumgehalt von 1,01 Proz.

In Bezug auf den Phosphorgehalt bezeichnete Karsten (§. 190) 0,4 Proz. als die Grenze, bis zu welcher die Abnahme der Festigkeit des Roheisens noch nicht in einem auffallenden Grade bemerklich wird. Er behauptet, bei dem Verschmelzen phosphorhaltiger Eisenerze werde nicht eine Spur von Phosphor oder von Phosphorsäure in die Schlacke gebracht, sondern der ganze Gehalt der Phosphorsäure in der Beschickung sammle sich als Phosphor in dem Roheisen an und werde von dem Eisen aufgenommen. Dagegen werde bei dem Umschmelzen des Roheisens in offenen Herden unter Zuführung eines starken Windstromes ein grofser Teil des Phosphors verschlackt, was sich namentlich bei der Bereitung von gefeintem Eisen aus grauem Roheisen nachweisen lasse. Die Abscheidung des Phosphors durch Verschlackung bedingt aber immer einen beträchtlichen Eisenverlust.

Berthier fand in einem weifsen französischen Roheisen 2,3 Proz. und Karsten in einem aus Wiesenerzen erblasenen weifsen Eisen 5,6 Proz. Phosphor.

Vazie empfahl eine Legierung von 99 Tln. Roheisen und 1 Tl. Messing wegen ihrer Härte zum Gufs von Pumpenkolben und Maschinenteilen, welche einer starken Reibung unterworfen wären[3]).

Wöhler[4]) wies zuerst einen Gehalt von Arsenik in Roheisen

---

[1]) Siehe Gilberts Annalen der Physik, neue Folge VII und VIII.

[2]) Prechtl, Technolog. Encyklopädie, Bd. XV, Artikel Stahl.

[3]) Karstens Archiv VIII, 196.

[4]) Wöhler und Liebig, Annalen der Pharmacie, Bd. 31, S. 95.

Digitized by Google

von vier verschiedenen Hütten nach. Schafhäutl fand selbst bei Dannemora-Eisen einen wenn auch sehr geringen Arsenikgehalt, während Berthier in einem französischen weifsen Eisen von Alais 4,08 Proz. Arsenik entdeckte; hierbei dürfte aber wohl ein Irrtum unterlaufen sein.

Dawes entdeckte 1835 zuerst Cyanverbindungen in mit heifser Luft und rohen Steinkohlen betriebenen Hochöfen.

Es wurden in dieser Periode eine grofse Zahl von Eisenanalysen veröffentlicht, welche infolge der genaueren Untersuchungsmethoden im allgemeinen zuverlässiger sind als ältere Analysen. Es ist nicht möglich, dieselben hier wiederzugeben, wir können nur auf einige derselben verweisen. Karsten hat in seiner dritten Auflage der Eisenhüttenkunde §. 322 eine Zusammenstellung einer gröfseren Anzahl solcher Analysen mitgeteilt. Hiervon rührt eine grofse Zahl von Untersuchungen deutscher Roheisensorten von ihm selbst her. Schottische und französische Sorten sind von Berthier analysiert, aufserdem sind Analysen von Daubrée und Wilson aufgeführt. Die mitgeteilten Stahl- und Stabeisenanalysen sind hauptsächlich von Wilson und Gay-Lussac, von Thompson und von Karsten. L. Svanberg analysierte eine Anzahl amerikanischer Roheisensorten [1]).

W. A. Miller teilte interessante Eisenanalysen mit [2]), welche die chemische Veränderung des weifsen Roheisens bei Adduzieren zu schmiedbarem Gufs nachweisen. Danach hatten das spröde (I) und das hämmerbare (II) Eisen

	I	II
Spec. Gewicht	7,684	7,718
Kohlenstoff	2,80	0,88
Silicium	0,951	0,409
Aluminium	Spur	Spur
Schwefel	0,015	—
Phosphor	Spur	Spur
Sand	0,302	—
Gebundenen Kohlenstoff	2,217	0,424
Ungebundenen Kohlenstoff	0,583	0,446

Eine Anzahl Stahlanalysen hat Schafhäutl in seiner oben angeführten Abhandlung veröffentlicht.

---

[1]) Siehe Berzelius, Jahresbericht XXVI, 198. Scheerers Metallurgie II, 62.

[2]) Report of the 18th. Meeting of the British Association etc. Journal für prakt. Chemie XV, 413.

Digitized by Google

Die chemische Analyse des Eisens hat in dieser Periode grofse Fortschritte zu verzeichnen. Justus Liebig machte seinen berühmten Verbrennungsapparat für die Analyse organischer Substanzen im Jahre 1831 bekannt[1]). Derselbe erwies sich als vorzüglich geeignet, um mit demselben den gesamten Kohlenstoff im Eisen zu bestimmen. Man behandelte dabei das Eisen wie eine organische Substanz, verbrannte es durch Überleiten von Sauerstoff in einer Glas- oder Porzellanröhre und fing die gebildete Kohlensäure auf. Aus dem Gewicht der Kohlensäure berechnete man den Kohlenstoff. Da hierbei ein Verlust nicht stattfinden konnte, so war die Bestimmung des gesamten Kohlenstoffes viel sicherer wie früher. Die quantitative Bestimmung des Graphits für sich war nicht schwer, da sich dieser durch Kochen mit Säuren rein abscheiden liefs. Den genauen Kohlenstoffgehalt dieses Rückstandes konnte man ebenfalls durch die Verbrennungsanalyse kontrollieren. Dieses neue Verfahren gab demnach den besten und zuverlässigsten Weg zu der so schwierigen Bestimmung des Kohlenstoffes im Eisen. Dieser Weg war aber ein beschwerlicher und langwieriger, der die Kenntnis der Verbrennungsanalyse und grofse Sorgfalt erforderte.

Es war deshalb natürlich, dafs man für praktische Zwecke nach einfacheren Verfahrungsarten suchte.

Berthier hat eine vollständige Zusammenstellung aller damals bekannten Verfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffes im Eisen veröffentlicht[2]). Wir erwähnen von diesen nur das Glühen mit Bleioxyd und Bestimmung der gebildeten Kohlensäure, ferner die Behandlung des Eisens mit Chlor, Brom oder Jod zur Abscheidung der Kohle, von denen namentlich die Behandlung mit Brom oder Jod bei Eisensorten, die keinen hohen Siliciumgehalt haben, zu empfehlen sind. Dieses Verfahren erforderte auch keinen grofsen Zeitaufwand. Langwierig und umständlich war dagegen das von Berthier als sehr genau empfohlene Verfahren, das mit destilliertem Wasser übergossene fein zerteilte Eisenpulver durch die atmosphärische Luft oxydieren zu lassen. Berthier war der Erste, der das Brom bei der Eisenanalyse verwendete.

Für eine vollständigere und raschere Verbrennung des Eisens bei der Bestimmung in Liebigs Verbrennungsapparat brachte Regnault

[1]) Annales de Chimie, T. 47, p. 147. Annales des mines, 3. Serie, II, 248, Pl. VIII.

[2]) Berthier, recherches du carbon et du silicium dans différentes variétés du fonte et d'acier in den Annales des mines, 3. Serie, II, 209.

Digitized by Google

die Mischung mit chlorsaurem Kali und chromsaurem Bleioxyd in Vorschlag.

Zur Bestimmung des Kohlenstoffes im Eisen auf nassem Wege hat Berzelius noch die Behandlung mit Kupferchlorid bei niedriger Temperatur in Vorschlag gebracht.

Alle diese Methoden haben zu der genaueren Bestimmung des Kohlenstoffes im Eisen beigetragen, doch kann nach Karstens Ansicht (§. 169) keine derselben Anspruch auf volle Genauigkeit machen und keine von allen Verfahrungsarten sei im stande, einen Aufschlufs über den Verbindungszustand des Kohlenstoffs im Eisen zu geben.

1847 machte auch der damalige Lieutenant Franz Uchatius auf Veranlassung des Feldmarschall-Lieutenants Franz v. Augustin bei der kaiserl. königl. Geschützgiefserei Versuche über ein für technische Zwecke brauchbares Verfahren der Kohlenstoffbestimmung im Eisen. Er schlug hierfür die Verbrennung des Eisens in trockenem Chlorgas vor.

Die Analyse der Eisenerze bot keine so grofse Schwierigkeiten, und waren die angewendeten Verfahren hinlänglich genau; dagegen waren sie für die Praxis zu umständlich und zu langwierig. Deshalb gab der Hüttenmann der Schmelzprobe immer noch den Vorzug. Das Bestreben ging aber bereits dahin, die ungenaue Schmelzprobe durch ein genaues, aber kurzes Verfahren auf nassem Wege zu ersetzen. Zwei wichtige Methoden, die diesen Zweck erfüllten, wurden in diesem Zeitabschnitt gefunden, die Fuchssche Eisenprobe und das Titrierverfahren mit übermangansaurem Kali, die bekannte Margueritesche Probe.

Die Methode von Fuchs[1]) gründet sich darauf, dafs die Salzsäure bei Luftabschlufs kein Kupfer löst, dafs sie dies aber thut, wenn Eisenoxyd hinzukommt und zwar in dem Verhältnis, als das Eisenoxyd bei seiner Reduktion in Oxydul Sauerstoff abgiebt. Eisenchlorür und Kupferchlorür gehen in Lösung. Kocht man demnach eine Eisenchloridlösung mit Kupfer, so läfst sich aus der Gewichtsabnahme des Kupfers die Menge des in der Lösung befindlichen Eisens berechnen. Diese Methode ist auch anwendbar, um den Kohlenstoff im Roheisen zu bestimmen, indem man denselben aus der Gewichtsdifferenz zwischen der Probe und dem ermittelten Eisen und dessen sonstigen Beimengungen findet. Hauptsächlich eignete sich das Verfahren aber als Erzprobe und war als solche auch in

[1]) Siehe Erdmanns Journal für praktische Chemie XVII, 160 und XVIII, 495.

Digitized by Google

Anwendung, bis es zu Ende der Periode, um 1846[1]), durch die Margueritesche Probe verdrängt wurde.

Die maſsanalytische Bestimmung des Eisengehaltes von Marguerite beruht auf dem Princip, daſs übermangansaures Kali gelöstes Eisenoxydulsalz zu Oxydsalz oxydiert. Da das übermangansaure Kali eine intensiv violette Färbung besitzt, so ist der Augenblick, in welchem diese Oxydation beendet ist, durch die violette Färbung, welche die Lösung annimmt, sobald kein übermangansaures Kali mehr zersetzt wird, leicht zu erkennen. Die Reduction der gelösten Eisenoxyd- in Oxydulsalze sollte durch Kochen mit schwefligsaurem Natron erfolgen; später wendete man dafür metallisches Zink an. Indem man sich nun eine Normallösung von übermangansaurem Kali, von der jeder Kubikcentimeter einer bestimmten Menge Eisen entspricht, bereitet, kann man aus der Zahl der mit Hülfe eines Meſsglases (graduierte Pipette oder Gay-Lussacsche Bürette) zugesetzten Kubikcentimeter der Normalflüssigkeit die in der Lösung enthaltene Menge Eisen ermitteln. Das Verfahren ist so auſserordentlich bequem und für den praktischen Gebrauch so ausreichend sicher, daſs es rasch überall Eingang fand und sich dauernd erhalten hat. Es muſs als ein groſser und wichtiger Fortschritt in der Hüttenchemie bezeichnet werden, der wesentlich zu ihrer allgemeinen Anwendung in der Praxis beigetragen hat.

Die Zahl der Eisenerzanalysen, welche in diesem Zeitabschnitt gemacht wurden, ist so groſs, daſs es nicht möglich ist, dieselben einzeln anzuführen. Eine ausführliche Zusammenstellung aus dem Anfang der Periode findet sich in dem vortrefflichen Werk von Berthier, Traité des essais par la voi sèche, im 14. Kapitel. In Karstens dritter Auflage der Eisenhüttenkunde von 1841 ist eine groſse Anzahl von Eisenerzanalysen mitgeteilt, von denen wir hier nur Svanbergs zahlreiche und sorgfältige Analysen schwedischer Seeerze anführen wollen. Hauptsächlich durch Berthiers und Karstens Verdienst war die Kenntnis der chemischen Analyse eine wichtige und unentbehrliche Wissenschaft für den gebildeten Hüttenmann geworden, sie gehörte bereits sozusagen zu seinem notwendigen Handwerkszeug.

Kaum minder zahlreich als die Erz- und Eisenanalysen sind die Schlackenuntersuchungen jener Zeit. Auch diese hat Berthier, der sich besonderes Verdienst um sie erworben hat, in dem oben

---

[1]) Siehe Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1846, S. 650.

Digitized by Google

angeführten Werke ausführlich zusammengestellt. In drei Tabellen sind die Analysen von Hochofenschlacken vorgeführt und zwar in der ersten die von Schlacken, welche beim Verschmelzen oxydischer Erze in Holzkohlenöfen, in der zweiten die von Schlacken, welche beim Verschmelzen kohlensaurer Erze mit Holzkohlen, und in der dritten, die aus Kokshochöfen gefallen sind. Eine weitere Tabelle zeigt die Zusammensetzung von Schlacken aus catalonischen Herden. Hierauf folgt eine Tabelle von Frischschlacken von manganhaltigem Roheisen, eine andere von Frischschlacken von gewöhnlichem Roheisen. Hierauf folgt eine Tabelle von Schlacken und Abfällen von Puddel- und Schweifsofenbetrieben mit Steinkohlen.

Berthier beschreibt in demselben Werk, in dem Abschnitt von den Flüssen, die Ergebnisse seiner zahlreichen Schmelzversuche über die Schlackenbildung, welche mancherlei Aufschlufs über das Verhalten der Eisenerze im Hochofen geben.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich, dafs unter den Verbindungen der Kieselerde mit Kalk- und Thonerde die schmelzbarsten zwischen den Grenzen (C, A)S^2 und (C, A)$S^1/_2$[1]) liegen und dafs die Gemenge dabei um so schmelzbarer sind, je mehr sich die Basis der Zusammensetzung $C^2\dot{A}$ nähert. Die Bittererde verhält sich zu den Silikaten der Thonerde wie der Kalk, nur sind ihre Schlacken viel strengflüssiger.

Sefström zu Fahlun hat ebenfalls sehr verdienstliche Versuche über die Schmelzbarkeit der Silikate der Kalkerde, Bittererde und Thonerde gemacht.

1848 hat Professor Rammelsberg in Berlin eine vortreffliche Arbeit: Beiträge zur Kenntnis der Eisenhochofenschlacke, veröffentlicht[2]).

Sefström hat auch wesentlich dazu beigetragen, die Eisenprobe auf trockenem Wege zu verbessern. Sein Verfahren, welches als „schwedische Eisenprobe" Verbreitung fand[3]), war zunächst auf einen zweckmäfsigeren Probierofen, einen Gebläseschmelzofen, der als Sefströmofen, oder auch kurzweg „Sefström" in allen Laboratorien und Probieranstalten Eingang fand, begründet. Sein Vorzug beruhte auf der besseren Windverteilung. Die Schmelzung der Probe erfolgte dabei in Kohlentiegeln, welche in Thontiegeln safsen.

---

[1]) C = Kalk, A = Thonerde, S = Kieselsäure.

[2]) Siehe Erdmann, Journ. f. techn. u. ökon. Chem. II, 394.

[3]) Siehe Jernkontorets Annaler, 17. Jahrgang und P. Tunner, die schwedische Eisenprobe von Dr. Sefström im Jahrbuch für den innerösterreich. Berg- und Hüttenmann, 2. Jahrgang, 1842, S. 96.

Digitized by Google

Da man in dem „Sefström“ Temperaturen erzeugen konnte, welche den im Hochofen erzeugten nahe kamen, so konnte man richtige Beschickungsproben anstellen, und darin bestand ein Hauptvorzug der schwedischen Eisenprobe. Man setzte dabei gewöhnlich das Erz zuerst ohne allen Zuschlag ein. Es zeigte sich dann nach der Operation entweder ganz ungeschmolzen oder geschmolzen und zu einer schaumigen Masse aufgebläht, oder geschmolzen und auf der inneren Wand des Tiegels herumgespritzt, oder endlich gut geflossen. In allen diesen Fällen konnte man aus der Erscheinung beurteilen, welche Art der Beschickung man wählen mufs. Es kam dann weiter darauf an, deren Mengen zu bestimmen. Dies liefs sich durch ein neues Probeschmelzen ermitteln, wobei man mehrere Proben mit ungleicher Beschickung gleichzeitig einsetzte. Das Aussehen der gebildeten Schlacke nach der Schmelzung zeigte die beste Mischung an, wobei allerdings auch das Aussehen des Eisenregulus mit zu berücksichtigen war.

Digitized by Google

Die Wärmeerzeugung.

Winderhitzung 1831 bis 1850.

Neilsons Erfindung der Winderhitzung im Jahre 1829 hat nicht nur den gröfsten praktischen Einfluſs auf den Hochofenbetrieb und die Entwickelung der Hochöfen ausgeübt, sondern ist auch die Veranlassung geworden zu einer richtigeren Erkenntnis der Vorgänge im Hochofen, der Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung und damit zugleich der Theorie der Verbrennung. Diese Fragen sind eng miteinander verknüpft, und wenn die Winderhitzung zunächst auch für den Hochofenbetrieb vorzüglich Verwendung fand, so ist sie doch von allgemeinerer Bedeutung, und sind praktische und theoretische Fragen, letztere sowohl physikalischer wie chemischer Natur, hierbei so ineinander verwebt, daſs es zweckmäſsig erscheint, die Geschichte der Winderhitzung und der durch sie veranlaſsten Untersuchungen der Hochofengase und deren Verwendung als Brennmaterial in zusammenhängender Darstellung vorweg zu behandeln, ehe wir zu den Fortschritten des Hochofenbetriebes und Hochofenbaues in dieser Periode übergehen.

Neilsons Erfindung der Winderhitzung und ihr groſser Nutzen für den Hochofenbetrieb zog anfangs der 30er Jahre die Aufmerksamkeit aller Eisenhüttenleute auf sich.

Die Ergebnisse, welche Neilson in Verbindung mit Macintosh und dem Hüttenbesitzer Wilson bei den ersten Versuchen im groſsen mit den Hochöfen der Clyde-Eisenwerke erzielt hatte, waren überraschend. Sie fielen noch weit günstiger aus, als man anstatt der Koks rohe Steinkohle anwendete. Nachfolgende Zusammenstellung läſst dies mit einem Blick erkennen:

Koks und kalter Wind vom 7. Jan. bis 15. Aug. 1829						Koks und heiſser Wind vom 6. Jan. bis 30. Juni 1830						Rohkohle und heiſser Wind vom 9. Jan. bis 30. Juni 1833					
Durchschnittl. wöchentl. Produktion an Roheisen in drei Hochöfen			Durchschnittl. Verbrauch an Kohle auf 1 Tonne Roheisen			Durchschnittl. wöchentl. Produktion an Roheisen in drei Hochöfen			Durchschnittl. Verbrauch an Kohle auf 1 Tonne Roheisen			Durchschnittl. wöchentl. Produktion an Roheisen in vier Hochöfen			Durchschnittl. Verbrauch an Kohle auf 1 Tonne Roheisen		
tons	cwts	qrs	tons	cwts	qrs	tons	cwts	qrs	tons	cwts	qrs	tons	cwts	qrs	tons	cwts	qrs
110	14	2	8	1	1	162	2	2	5	3	1	245	0	0	2	5	1

Digitized by Google

Die vorteilhafte Verwendung der rohen Steinkohle in den schottischen Hochöfen war die unmittelbare Folge der Anwendung des erhitzten Windes. Erst durch diese wurde auch jenes Problem erfolgreich gelöst.

Es geschah dies zuerst auf der Calder Eisenhütte im Jahre 1831. Der Erfolg war ein so augenfälliger, dafs in kurzer Zeit fast alle schottischen Hochofenwerke zum Betriebe mit roher Steinkohle und heifsem Winde übergingen. Ende 1835 hatten bereits alle schottischen Eisenhütten aufser der zu Carron Warmwindapparate. Die Ergebnisse auf der Clydehütte waren, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, so günstig, dafs nach Einführung des Steinkohlenbetriebes im Jahre 1833 durch den heifsen Wind mit derselben Menge Brennmaterial dreimal soviel Eisen geschmolzen wurde und dieselbe Windmenge das Doppelte leistete als vordem bei kaltem Winde. Solche Erfolge machten alle theoretischen Bedenken verstummen und trugen den Ruf von Neilsons Erfindung im Fluge nach allen eisenerzeugenden Ländern.

Wesentliche Fortschritte machte aber auch die Konstruktion der Winderhitzungsapparate. Nachdem einmal die anfänglichen Bedenken der Hüttenbesitzer beseitigt und der Nutzen des stärker erhitzten Windes erwiesen war, zögerte man nicht mehr, selbständige, zweckmäfsig konstruierte Heizöfen dafür zu bauen. Die unvollkommenen Apparate, wie sie anfänglich auf der Clydehütte von Neilson angewendet worden waren und die darin bestanden hatten, dafs man einen Teil der Rohrleitung in einen Kanal legte und sie in diesem erhitzte, wurden anfangs einfach kopiert und fast unverändert in den französischen Hütten zu La Voulte und Vienne eingeführt. Zu La Voulte standen vier Hochöfen in einer Reihe so dicht nebeneinander, dafs gerade noch die Windleitung dazwischen Platz hatte. Jeder Hochofen hatte drei Formen. Auf die vier Hochöfen kamen aber nur neun Feuerungen für die Windleitung, indem der zwischen den Öfen liegende Rohrstrang für je zwei Windzuführungen zu den beiden benachbarten Öfen dienen mufste. Für die zwölf Windzuführungen waren also sechs einfache und drei Doppelroste vorhanden. Die beiden Hochöfen zu Vienne hatten nur je zwei Formen, und kamen auf die ganze Windleitung drei Roste. Um das Verschieben der Rohre infolge der Ausdehnung durch die Hitze zu erleichtern, liefs man sie auf eisernen Cylindern ruhen. In die Hauptverbindungsmuffen legte man Ringe von Asbest ein. Überall, wo man mit heifsem Winde blies, bediente man sich der Wasserformen.

Digitized by Google

Der Hochofen zu Brefven in Schweden hatte nur eine Form und nur einen Rost; man verlängerte hier die Heizfläche künstlich dadurch, dafs man dem Rohrstrang mehrere Krümmungen gab. Alle diese Apparate litten, abgesehen von der geringen Heizfläche, an dem Fehler, dafs ihre Verbindungsstellen im Feuer lagen und Verengungen und Erweiterungen der Leitung nicht vermittelt waren. Das Undichtwerden der Flanschen war der Hauptnachteil dieser Konstruktion.

Neilson konstruierte, um diese Fehler abzuhelfen, seinen Heifswindofen (hot-blast-stove) oder Zwillings-Röhrenapparat, welcher das Vorbild der englischen Winderhitzungsapparate wurde[1]). Derselbe bestand in der Hauptsache aus zwei in Mauerwerk eingeschlossenen horizontalen, parallel liegenden Hauptröhren (mains), zwischen denen sich der tiefer gelegene Rost befand. Beide waren mit einer Anzahl angegossener Muffen versehen, welche oben aus dem Mauerwerk herausragten und in welche die Enden der halbkreisförmig gebogenen Verbindungs- oder Bogenröhren (arch pipes) pafsten. Das Ganze war überdeckt durch ein Tonnengewölbe von Ziegelsteinen, auf dessen Scheitel sich eine kurze Esse befand. Der Wind gelangte kalt in das eine Hauptrohr, verteilte sich in die Verbindungsröhren, in denen er bei seinem Durchgange von der Flamme erhitzt wurde und trat am entgegengesetzten Ende aus dem zweiten Hauptrohre heifs aus. Die Hauptröhren waren 12 Zoll, die Zwillingsröhren 4 Zoll im Lichten. Man erreichte hierdurch bei noch nicht $^2/_3$ der Heizfläche und etwas über $^1/_2$ der Rostfläche dieselbe Temperatur, wie bei dem grofsen Röhrenapparat der Clydewerke, hatte nur wenig Windverlust an den Verbindungsstellen und eine regelmäfsigere Erhitzung.

Dieser Apparat wurde wesentlich verbessert durch den von Neilson[2]) auf dem Calder Eisenwerk angelegten Heber- oder Hosenröhrenapparat (syphon pipe oven). Bei diesem waren die Verbindungsröhren ein grofses Stück gerade, im Winkel zu einander gestellt und oben durch einen Krümmer verbunden, wie dies aus den Abbildungen (Fig. 108 und 109) zu ersehen ist. Durch die langen Schenkel (legs) der Verbindungsrohre war eine viel gröfsere Heizfläche gegeben, und man brauchte die Rohre nicht so stark zu erhitzen, um genügend heifsen Wind zu erhalten. Zu gleicher Zeit wurden solche Apparate von Firmstone auf Lays-Eisenhütte bei Dudley in

---

[1]) Siehe Wedding, Eisenhüttenkunde II, S. 99.

[2]) Fairbairn nennt Dixon als den „vermutlichen" Erfinder.

Digitized by Google

Staffordshire und von Neilson auf der Calderhütte in Schottland errichtet. Letzterer wurde am bekanntesten, weshalb man diese Winderhitzungsöfen später Calder-Apparate nannte.

Fig. 108.

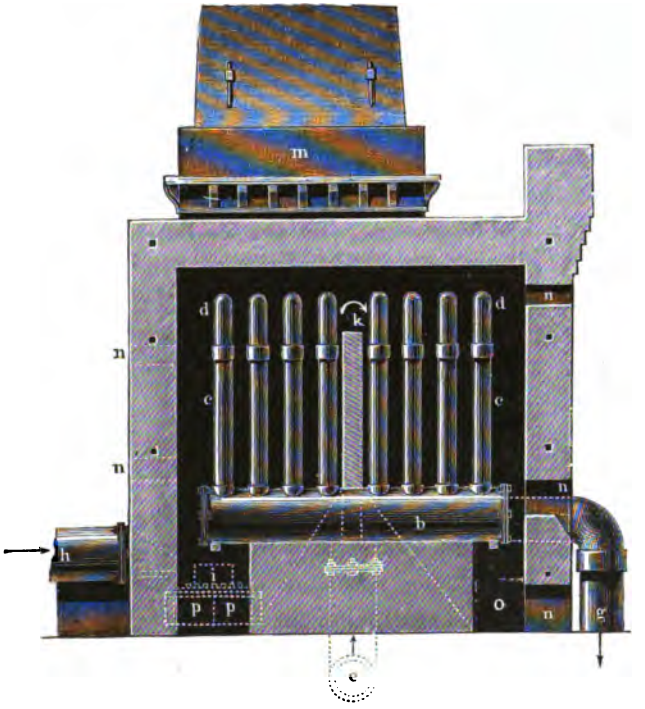
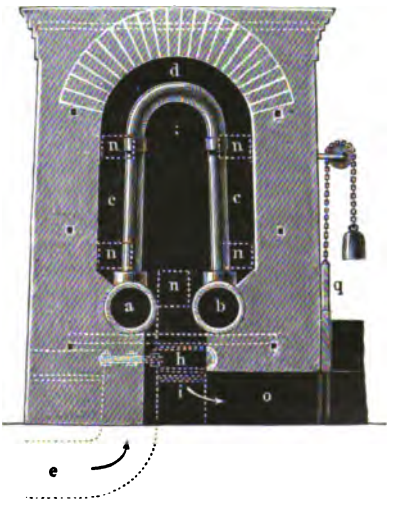


Fig. 109.



Der Winderhitzer der Calderhütte hatte runde Röhren, während Firmstones Apparat Röhren von ovalem Querschnitt, welche eine noch gröfsere Heizfläche bei gleicher Fläche darboten, hatte. Diese Flachrohröfen bezeichnete man in der Folge häufig als Staffordshire-Apparate. Firmstones Winderhitzungsofen hatte neun Verbindungsrohre, und betrug die gesamte Heizfläche für jede der drei Formen des Hochofens 80 Quadratfufs (7,43 qm) und die Rostfläche 3 Quadratfufs (0,279 qm).

Digitized by Google

Neilsons Erfindung gelangte nicht nur in Frankreich, Belgien und Schweden, sondern auch in Deutschland schon bald nach ihrem Bekanntwerden zur Einführung. Hier machte bereits 1833 der verdienstvolle Oberberghauptmann von Herder auf den sächsischen Metallhütten Versuche mit erhitzter Gebläseluft und konstruierte sehr wirkungsvolle Kastenapparate auf der Muldener und Halsbrücker Silberhütte bei Freiberg.

Noch früher, nämlich schon im Jahre 1830, hatte bereits der geniale Hüttenmann Faber du Faur[1]) auf dem königlich württembergischen Eisenhüttenwerk Wasseralfingen seine Versuche mit erhitzter Gebläseluft begonnen. Die ersten derselben machte er in der Zeit vom 27. Oktober bis 13. November 1830. Er mauerte kurz hinter den Düsen eines Hochofens die eisernen Windröhren auf eine Länge von ca. 4 Fuſs ein, so daſs das Rohr direkt durch die Mitte des Ofens weg über dem Rost, auf dem ein gleichmäſsiges Feuer unterhalten wurde, herlief; also ganz ähnlich wie auf den Clyde-Iron-Works. Er konnte aber bei diesen Versuchen keine Vorteile finden.

Ein Jahr später, den 23. Oktober 1831, begann Faber du Faur seine ersten Versuche mit Einführung des erwärmten Windes bei den Kupolöfen zu Wasseralfingen. An den beiden Frontseiten des Kupolofens errichtete er zwei gut ziehende Windöfen von $9^1/_2$ Fuſs Höhe im Lichten, durch welche das Ende der beiden Windleitungen doppelt

---

[1]) Achilles Christian Wilhelm Friedrich von Faber du Faur wurde am 2. Dezember 1786 in Stuttgart geboren. Seine Eltern waren Albrecht von Faber du Faur, herzogl. württemberg. Kavallerieoberst im Kreiskontigent, und Christiane, Tochter des Stadtsekretärs Klüpfel in Stuttgart. Er besuchte das Stuttgarter untere und obere Gymnasium und bezog 1806 die Universität Tübingen, wo er sich vorzugsweise dem Studium der Mathematik und Naturwissenschaften widmete. Nach Vollendung seiner dortigen Studien besuchte er das Hartigsche Forstinstitut in Stuttgart und bezog dann im Frühjahr 1808 die Bergakademie in Freiberg, wo damals Werner wirkte. Hier trat er in ein inniges freundschaftliches Verhältnis mit Theodor Körner. In seine Heimat zurückgekehrt, unterzog er sich der Dienstprüfung, und im Dezember 1810, nach dem Besuche der württemberg. Hüttenwerke, erhielt er die zweite Hüttenschreiberstelle in Königsbronn und ein Jahr später wurde er zum Hüttenamtsverweser in Wasseralfingen ernannt. Am 1. Dezember 1813 erfolgte seine definitive Anstellung dort als Hüttenverwalter. Nach einer 23jährigen Amtsführung in Wasseralfingen, wo er sich durch Verbesserungen der Einrichtungen und des Betriebes grofse Verdienste und durch seine überraschenden, wertvollen Erfindungen einen Weltruf erwarb, wurde er 1843 zum wirklichen Bergrat befördert und als solcher nach Stuttgart versetzt. Schon zwei Jahre nachher mufste er aber wegen geschwächter Gesundheit um seine Pensionierung einkommen und starb nach wiederholten Schlaganfällen am 22. März 1855.

Digitized by Google

geführt wurde, so dafs auf beiden Formseiten die Windröhren je auf eine Länge von 19 Fufs stark erhitzt werden konnten. Der Erfolg war ein sehr guter, der Brennmaterialaufwand verminderte sich bedeutend. Störend war dabei nur das rasche Verbrennen der Form, weshalb auch Faber Bedenken trug, die Einrichtung sofort bei den Hochöfen anzuwenden und beschlofs, den nächsten Einbau eines Hochofens abzuwarten, bei dem er ein besseres feuerfestes Material und durch Aufstellung eines Röhrenapparates auf der Plattform

Fig. 110.

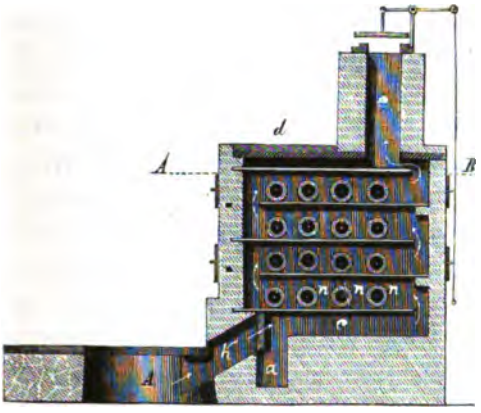
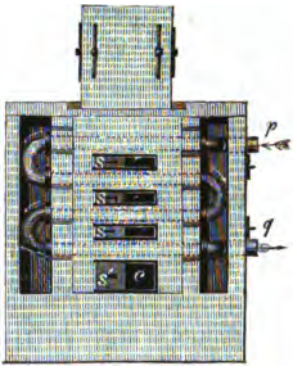
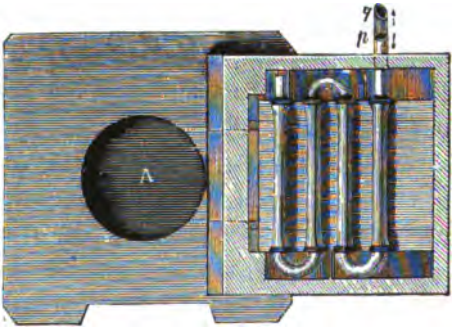


Fig. 111.



des Hochofens die Gichtflamme zur Erwärmung des Windes zu verwenden gedachte.

Fig. 112.



Der erste Versuch hiermit wurde bei dem Friedrichsofen am 9. November 1832 gemacht. Der Wind zeigte sich aufserordentlich heifs, und war eine sehr vorteilhafte Einwirkung des warmen Windes auf den Hochofengang nicht zu verkennen. Obgleich nur ein kleiner Teil der Gichtflamme in den Glühofen eingelassen wurde, so stieg die Hitze in demselben dennoch bald so sehr, dafs der unterste Röhrenring weich wurde und sich senkte, was die Fortsetzung des Versuches unmöglich machte. Dies führte ihn zu der verbesserten Konstruktion, Fig. 110, 111 u. 112, deren Hauptvorteil darin bestand, dafs die Krümmer und ihre Verbindungen mit den Heizrohren aufserhalb der Flamme zu liegen kamen und dafs man ein

Digitized by Google

etwa schadhaft gewordenes Rohr ohne bedeutende Unterbrechung des Betriebes durch ein neues ersetzen konnte. Der Wind trat bei der obersten Rohrlage ein und bewegte sich von oben nach unten dem heifsen Teile des Ofens zu. Diese Konstruktion hat sich ausgezeichnet bewährt und fand in der Folge überall unter dem Namen „Wasseralfinger Apparat“ Eingang.

Am 3. Dezember 1832 war dieser neue Winderhitzer fertiggestellt. Vom 1. bis 3. Dezember erhielt sich der Erzsatz auf $7^1/_4$ Ctr., und nach dem Gange des Friedrichsofens, der bereits ein ziemlich flüssiges graues Eisen lieferte, war eine bedeutende Erhöhung der Erzgichten nicht mehr zu erwarten. Faber glaubte deswegen, dafs der richtige Moment zur Anwendung des warmen Windes nunmehr eingetreten sei und liefs am 3. Dezember abends die Gichtflamme und den Wind in den neuen Apparat eintreten. Mit der Erwärmung des Windes änderte sich sofort der Gang des Ofens in einen starken Gargang, der eine schnell aufeinanderfolgende Erhöhung des Erzsatzes zuliefs. Bis zum 7. Dezember war letzterer bereits auf $8^1/_2$ Ctr. gestiegen, und der Gang des Ofens immer noch in so hohem Grade gar, wie Faber ihn noch nie zu beobachten Gelegenheit gehabt hatte, so dafs er noch eine sehr bedeutende Erhöhung des Erzsatzes und mithin eine sehr grofse Ersparnis an Brennmaterial zu erreichen erwartete. Die neue Vorrichtung zum Wärmen des Windes zeigte sich zu dem Zwecke vollkommen entsprechend, und eine Störung in ihrem ferneren Betriebe, meinte Faber, sei durchaus nicht zu befürchten. Ebenso bewährten sich auch die eingerichteten Wasserformen auf das vollkommenste, indem sie bei dem aufserordentlich hitzigen Gange nicht im mindesten angegriffen wurden.

Am 22. April 1833 erfolgte die Einführung des warmen Windes auch bei dem zweiten Hochofen, dem Wilhelmsofen.

Über die Veränderungen des Ofenbetriebes durch den warmen Wind am Wilhelmsofen in Wasseralfingen geben die nachstehenden Zahlen näheren Aufschlufs:

Es betrug der Brennmaterialaufwand bei kaltem Winde in den 6 Wochen, der 76. bis 81. Betriebswoche, vom 31. März 1833 an für 100 Pfd. Roheisen 148 Pfd. Holzkohlen, das Erzausbringen 30,76 Proz., die durchschnittliche Wochenproduktion 53968 Pfd. Roheisen. Bei warmem Winde in den 4 Wochen, der 128. bis 131. Betriebswoche, vom 30. März 1834 an pro 100 Pfd. Roheisen 110,5 Pfd. Holzkohlen, das Erzausbringen 32,22 Proz., die durchschnittliche Wochenproduktion 79638 Pfd. Roheisen.

Digitized by Google

Durch die Einführung des warmen Windes ergab sich also eine Ersparnis an Brennmaterial von 25 Proz., während das Ausbringen aus dem Erz um 4,5 Proz. und die Wochenproduktion um 32,2 Proz. erhöht wurde.

Ofenbau, Düsenweite und Windpressung waren für beide Kampagnen dieses Ofens dieselben [1]).

Der Apparat Faber du Faurs hatte 16 Röhren. Die Dichtung der Röhren und der Krümmer geschah durch Kupferdraht und Rostkitt, die Verbindung durch Schrauben.

Die Winderhitzung wurde aber nicht nur bei den Hochöfen, sondern ebenso bei Kupolöfen, Frischfeuern, den Metallschmelzöfen, kurz bei fast allen Schmelzprozessen angewendet, und erhielten die Apparate die verschiedenste Gestalt, wie es gerade dem Zweck entsprach. Es würde zu weit führen, auf die Entstehungsgeschichte dieser unzähligen Modifikationen hier einzugehen; wir können nur einiges Allgemeine darüber sagen und Beispiele dafür anführen.

Die älteren Winderwärmungsapparate [2]) teilt man am besten in Kastenapparate und Röhrenapparate ein. I. Die Kastenapparate zerfallen in solche mit einem Kasten ohne Züge im Innern, wie sie bei kleinen Feuern, z. B. für ein Zainfeuer der Creutzburger Hütte in Schlesien und bei dem Grosseschen Apparat für Schmiedefeuer angewendet wurden, und in solche mit inneren Zügen, wie bei einem Schmiedefeuerapparat zu Kleinboden in Tirol, einem in Frankreich und einem englischen Frischfeuer. Apparate mit mehreren plattenförmigen Kästen waren die oben erwähnten von Herder auf der Muldener Hütte.

II. Die Röhrenapparate waren

1. solche mit einer gerade fortlaufenden Röhre, wie zu Clyde, la Voulte, Vienne und Brefven;

2. solche mit einem System mehrerer einfacher, gerader Röhren, welche entweder (a) aufrecht standen, wie in dem Calderschen

---

[1]) Die vorstehenden wichtigen Mitteilungen über Faber du Faur und die Versuche zu Wasseralfingen verdanke ich der Vermittelung der Centralstelle für Handel und Gewerbe in Württemberg, der ich wärmsten Dank dafür sage.

[2]) Wir verweisen hier nochmals auf das vortreffliche Werk: XXXV Tafeln Abbildungen der vorzüglichsten Apparate zur Erwärmung der Gebläseluft auf den Hüttenwerken in Deutschland, England, Frankreich, Schweden und der Schweiz. Aus dem Nachlasse des königl. sächsischen Oberberghauptmanns Freiherrn von Herder, herausgegeben im Verein mit C. F. Brendel, F. Reich und K. A. Winkler von F. Th. Merbach. Mit Erläuterungen und zwei Beilagen. Freiberg 1840.

Digitized by Google

Apparate, oder (b) horizontal lagen, wie in dem Wasseralfinger. Von diesen gab es wieder so viele Unterarten, dafs wir dieselben nachher besonders betrachten wollen;

3. solche mit ineinandersteckenden Röhren, wie sie auf der gräfl. Einsiedelschen Hütte zu Gröditz und dem englischen Hochofen zu Codnor-Park ausgeführt waren;

4. solche mit aufrechtstehenden, gekrümmten Röhren, wie sie bei Kupolöfen, z. B. in der königl. Eisengiefserei zu Berlin, angewendet wurden;

5. solche mit ring- und spiralförmig gewundenen Röhren, wie sie bei den Hochöfen zu Malapane, Königshütte, Creutzburg und bei vielen Frischfeuern eingeführt wurden.

Der Unterschied der Winderhitzungsapparate lag aber nicht allein in der Konstruktion der Heizgefäfse, sondern auch in der Art der Feuerung. In dieser Beziehung zerfielen die Winderhitzer in solche, die durch eigene Feuerungsanlagen, und solche, die durch eine abgeleitete Wärmequelle erhitzt wurden. Hierfür bot sich am natürlichsten die dem Hochofen entweichende Gichtflamme dar, wie es Faber du Faur gezeigt hatte, und die man dann auch sehr bald an vielen Orten zu diesem Zwecke verwendete.

Schon früher hatte man es versucht, die Wärme der Gichtflamme auszunutzen, indem man sie zum Kalkbrennen, Erzrösten und auch bei den Hochöfen mit Giefsereibetrieb zum Trocknen der Lehm- und Wasserformen verwendete. Aubertot hatte schon 1811 ein Patent auf die Benutzung der Gichtgase zu Heizzwecken erhalten, und Berthier hatte bereits 1814 auf die Tragweite dieser Erfindung aufmerksam gemacht.

Eine allgemeine und erfolgreiche Benutzung der Gichtflamme fand aber erst in Folge der Einführung der Winderhitzung statt; diese führte sehr bald zum Auffangen und Ableiten der Hochofengase und zwar zuerst in Deutschland. Es war dies ein weiterer wichtiger Fortschritt, zu der die Anwendung des erhitzten Gebläsewindes Veranlassung gegeben hat.

In England, wo die Hochöfen bei den Steinkohlengruben lagen und der Wert des Brennmaterials fast keine Rolle spielte, war das Bedürfnis der Ausnutzung der Gichtflamme weniger grofs. Auch waren die Hochöfen in England durchschnittlich viel höher, die Leitung von dem Apparat bis zur Form mufste deshalb länger und kostspieliger und die Abkühlung der Gase infolgedessen gröfser sein.

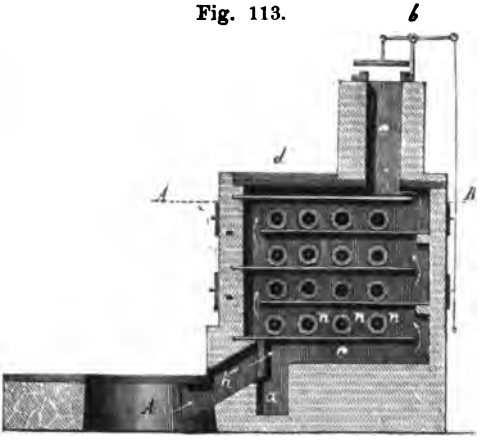
In England hielt man deshalb an Neilsons Auffassung fest, der

Digitized by Google

von Anfang an grofsen Wert darauf gelegt hatte, dafs die Feuerung für die Winderhitzung eine selbständige sei und nahe an der Form liege. Er hatte diese Forderung sogar in seine Patentbeschreibung aufgenommen und ging so weit, bei allen seinen Anlagen für jede Form eine besondere Feuerung zu konstruieren.

Wesentlich anders lagen die Dinge dagegen in Deutschland und überall da, wo der Wert des Brennmaterials sehr in Betracht gezogen werden mufste. Da bedeutete die Benutzung der Gichtflamme für die Winderhitzung eine beträchtliche Ersparnis. Als deshalb Faber du Faur in Wasseralfingen seinen Röhrenapparat auf die Gicht des Hochofens stellte und ihn durch die Gichtflamme heizte, so fand diese Anordnung ebenso wie der Apparat selbst sofort Nachahmung, und man suchte überall auf dem Kontinent die Winderhitzungsapparate durch die entweichende Hitze der Öfen, für welche jene bestimmt waren, sowohl der Hochöfen, als der Kupolöfen, Frischfeuer u. s. w. zu bewerkstelligen. Dies beeinflufste vielfach wieder die Konstruktion der Apparate.

Fig. 113.



Folgende Beispiele sollen die im Anfang dieser Periode angewendeten Winderhitzer etwas näher erläutern. In Deutschland waren die horizontalen Röhrenapparate (II, 2 b) am verbreitetsten. In Fig. 113 haben wir bereits den von Faber du Faur in Wasseralfingen erbauten Röhrenapparat mit Gichtflammenheizung vorgeführt.

In der Zeichnung stellt *A* die Gicht des Hochofens vor, von welcher die Gichtflamme durch den Kanal oder Fuchs *K* in den Winderhitzungsapparat gelangt. Die vier Lagen der Heizröhren sind durch entsprechende Lagen gufseiserner Platten voneinander geschieden, durch diese wird die Flamme gezwungen, in dem Ofen über die Röhren hin- und herzustreichen. Der Zug wird reguliert und verstärkt durch die Esse *e*.

Bei dem Hochofen des königl. bayerischen Eisenwerkes zu Sonthofen, der auch nur mit einer Form blies, war der Röhrenapparat

Digitized by Google

ganz ähnlich in Konstruktion und Aufstellung; die Gichtflamme trat aber hier über der obersten Röhrenlage ein und strich nach unten, von wo sie durch zwei Züge abgeführt wurde. Die Windleitung von der Gicht zur Form war in einen an den Hochofen angebauten Kanal gelegt, um die Abkühlung zu vermindern.

Es war ein schon von Neilson festgehaltener Grundsatz, den Wind der Heizstelle entgegenströmen zu lassen, so dafs der heifsere Wind auch dem heifseren Teile der Feuerung begegnete.

Der Winderhitzungsapparat auf dem königl. bayerischen Hüttenwerk zu Weyerhammer war dem von Sonthofen ähnlich, doch hatte er weniger, aber weitere Heizröhren. Dagegen hatte der Winderhitzer für den Hochofen zu Lendersdorf bei Düren 24 Röhren in sechs Lagen, durch welche sich der Wind in zwei geteilten Strängen von oben nach unten bewegte, während die Gichtflamme ungehindert von unten nach oben den Apparat durchstrich und durch die aufgesetzte Esse entwich. Der heifse Wind wurde in einem Rohrstrang, welcher in einen weiteren eingeschlossen und wobei der Zwischenraum mit Sand ausgefüttert war, nach unten geführt, wo er sich wieder teilte und durch zwei Formen in den Ofen trat.

Der Winderhitzungsapparat auf der Hütte zu Lauchhammer bestand aus drei Lagen von je sechs Röhren, wurde aber nicht durch die Gichtflamme, sondern durch eine Rostfeuerung geheizt. Auch hier trat der Wind oben ein und bewegte sich durch die Rohre nach unten der Feuerstelle zu.

Auf dem königl. bayerischen Eisenwerk Maximilianshütte lag ein System von sieben Rohren in zwei Lagen horizontal über den Gichtöffnungen von zwei Kupolöfen, deren Wind durch dieselben erhitzt wurde.

Bei den schwedischen Hochöfen zu Osterby und Ankarsrum mündete immer eine Anzahl horizontaler Röhren (fünf oder sechs) in einen gemeinschaftlichen Kasten, durch den der Wind dem darüber- oder darunterliegenden Rohrsystem zugeführt wurde. Zu Osterby lagen diese Rohrsysteme übereinander, zu Ankarsrum nebeneinander. Jeder Apparat hatte seine selbständige Rostfeuerung.

Auf der Löhnberger Hütte zu Weilburg hatte man in ähnlicher Weise ein System von 19 vertikalen Röhren durch Kappen (Kasten) oben und unten verbunden. Dieser Apparat stand unmittelbar über der Gicht und wurde von der Flamme umspült.

Von denjenigen Winderhitzern, bei welchen, wie bei dem Calderschen (s. Fig. 108), eine Anzahl aufrecht stehender Röhren von einer

Digitized by Google

gemeinschaftlichen Hauptröhre ausgingen (II, 2 a), erwähnen wir den auf dem fürstl. Auerspergischen Eisenwerk zu Hof in Illyrien erbauten, welcher direkt über der Gicht stand. Die Gichtflamme umspülte die Hosenröhren und entwich durch eine darüber gebaute Esse. Ähnliche kleinere Apparate wendete man bei Kupolöfen, z. B. zu Rübeland im Harz und in England, an. von Herder teilt die Abbildung eines anderen englischen Apparates mit, bei dem, ähnlich wie bei dem Winderhitzer der Löhnberger Hütte, ein Ring von vertikalen Röhren die Gichtöffnung umgab, welche oben und unten durch Ringkasten verbunden waren. Bei dem Kupolofen zu Gleiwitz bildete das horizontale Hauptrohr ebenfalls einen Ring, welcher die Gichtöffnung umgab; von diesem gingen drei senkrechte Heberrohre aus.

Ein eigenartiger Winderhitzer mit Gichtflammenheizung war auf einem Hochofen in Staffordshire in Anwendung. Unmittelbar über der Gicht stand ein doppelwandiger Cylinder, der unten und oben geschlossen war. Die Innenwand dieses Cylinders war durch neun übereinander liegende Reihen von je drei Röhren, von der immer die folgenden mit den vorhergehenden in gekreuzter Stellung standen, verbunden. Die Gichtflamme mufste durch dieses sich kreuzende Netz von Röhren durchstreichen und erhitzte den durch die Röhren strömenden Wind. Dieser Apparat stand ganz frei, ohne jede Einmauerung.

Fig. 114.

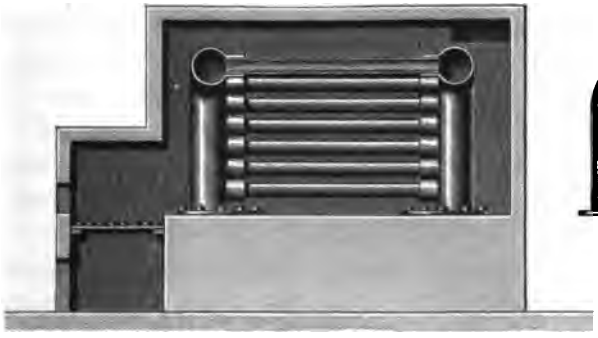
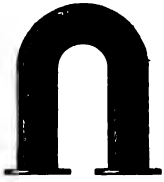


Fig. 115.



Bei dem Eisenwerk zu Monkland hatten die beiden parallelen Hauptröhren die Gestalt von aufrecht gestellten Hufeisen (Fig. 114 und 115). Diese waren durch eine Anzahl horizontaler Röhren miteinander verbunden, welche ein Gewölbe bildeten, in das die Flamme einer Steinkohlenfeuerung strömte.

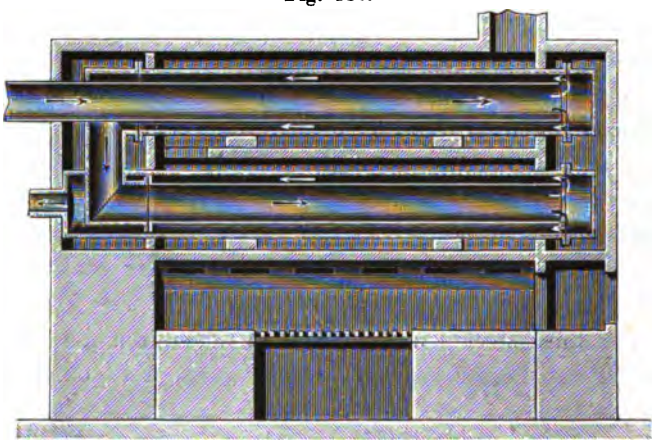
Bei dem schon erwähnten Apparat zu Gröditz mit ineinander-

Digitized by Google

gesteckten Röhren (II, 3) strömten die Feuergase einer selbständigen Feuerung durch das enge Rohr in der Mitte und umspülten gleichzeitig das weite Rohr, so dafs der Wind, der durch das Rohr von ringförmigem Querschnitt strömte, von allen Seiten erhitzt wurde. Die Rohre lagen horizontal in drei Reihen von je drei Rohren und waren die Windrohre durch Stutzen miteinander verbunden.

Anders war die Konstruktion der ineinander gesteckten Rohre zu Cadnor Park (Fig. 116). Hier trat der kalte Wind durch das innere Rohr, das nicht bis auf den Boden ging, ein, strömte dann um dieses innere Rohr zurück, um wieder in das innere Rohr der zweiten

Fig. 116.



unteren Lage einzutreten und so in das umgebende weitere untere Rohr, welches der Hitze am meisten ausgesetzt war, zu gelangen.

Von den Apparaten mit ring- und spiralförmig gewundenen Wärmeröhren (II, 5) bildete der auf dem badischen Eisenwerk Hausen ein System von zwei Lagen konzentrischer Ringe, welches unmittelbar über der Gichtöffnung stand und nur mit einer gewölbten Esse überbaut war.

Sehr bemerkenswert war der Winderhitzungsapparat des Hochofens zu Malapane in Schlesien. Derselbe war in die Gicht eingebaut, aber so, dafs diese in keiner Weise verengert oder das Aufgeben verhindert wurde. Dieses war dadurch erreicht, dafs man zwei ringförmige, 16 Zoll hohe und 4 Zoll weite Kasten so in die obere Schachtwand einliefs, dafs ihre inneren Flächen mit dem lichten Umfang des Schachtes zusammenfielen. Fig. 117 zeigt diese Anordnung. So zweckmäfsig dieselbe erscheinen mag, so hat sie sich doch nicht bewährt. Die Erwärmung des Windes war eine ungenügende, während

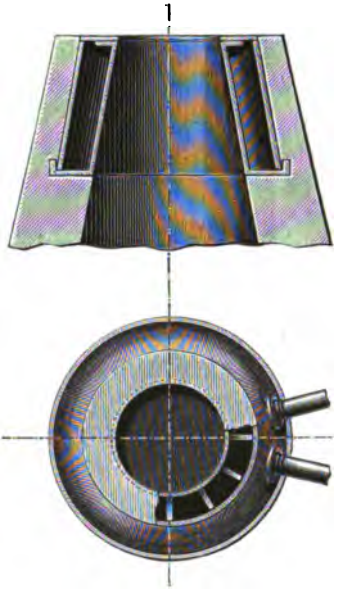
Digitized by Google

umgekehrt die Abkühlung des Ofens in der Nähe der Gicht so grofs war, dafs die stets zinkführenden Hochofengase weit rascher wie sonst Versetzungen durch zinkischen Gichtschwamm herbeiführten.

Auf der Königshütte hatte man einen Apparat mit sechs horizontalen Heizröhren, welche kreisförmig um ein mittleres Rohr gelagert waren. Die Verbindungsmuffen lagen aufserhalb des Mauerwerks des Ofens. Derselbe hatte eine selbständige Steinkohlenfeuerung.

Ganz eigentümlich war der Winderhitzungsapparat der Creutzburger Hütte. Derselbe bestand aus einem Rohrstrang, der in dreifacher Windung um den inneren Ofenschacht in der halben Höhe zwischen Gicht und Rast eingemauert war.

Fig. 117.



Spiralförmiger Rohrsysteme bediente man sich öfter bei den Frischfeuern, wo diese Apparate dann in der Esse angebracht wurden. Beispiele dafür liefern die Hütten zu Hausen, Weiherhammer, Gröditz und Lauffen. Lueg auf der Gutehoffnungshütte hatte ebenfalls einen solchen Apparat konstruiert [1]).

Aus dieser kurzen Übersicht ist zu ersehen, welche grofse Mannigfaltigkeit der Formen sich bei den Warmwindapparaten bereits im ersten Jahrzehnt ihres Bestehens — alle die angeführten Apparate sind vor dem Jahre 1839 entstanden — herausgebildet hatte. Auch ist daraus zu erkennen, wie rasch die Winderhitzung in allen eisenerzeugenden Ländern Verbreitung fand. In England und Wales führte in wenigen Jahren die Hälfte aller Eisenhütten das neue Verfahren ein und in Schottland wurden alle Hochöfen, aufser zu Carron, mit heifsem Wind betrieben. Der Gewinn der Hüttenbesitzer war ein aufserordentlicher; aber wie so manchmal mifsgönnten gerade die, die den gröfsten Vorteil davon hatten, dem armen Erfinder seinen berechtigten Anteil aus der Patentgebühr [2]). Es waren die Herren Baird, die Besitzer der Gartsherriehütte, der gröfsten Hochofenanlage Schottlands, die 1839 den unrühmlichen Schritt thaten, Neilson die

[1]) Siehe Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleifses in Preufsen für 1836.

[2]) John Percy, Iron and Steel, p. 395.

Digitized by Google

bedungene Gebühr zu verweigern, sein Patent anzufechten und ihn in einen langen kostspieligen Prozefs zu verwickeln, obgleich sie zugeben mufsten, dafs sie in 10 Jahren einen reinen Nutzen von 260000 £ und im Jahre 1840 allein 54000 £ durch die Erfindung erzielt hatten. Die Bairds hatten ihre Hintermänner besonders an den Hüttenherren in Wales, die ebenfalls gern ohne Kosten die Erfindung ausgenutzt hätten. Der Besitzer der Eisenwerke von Ystalifera, James Palmer Budd, verstieg sich sogar zu der kühnen Behauptung: „Kalter Wind sei ökonomischer, er erzeuge mehr Eisen bei geringeren Kosten für Löhne und Materialien." Die Richter aber entschieden zu Gunsten des Erfinders. Sehr bald danach führte der genannte Budd die Winderhitzung auf seiner Hütte ein. Mushet und andere sachverständige und gerechte Gutachter erklärten dagegen öffentlich: Neilsons Erfindung verdiene hinsichtlich der Entwickelung des Nationalwohlstandes mit Recht, Arkwrights Spinnmaschine an die Seite gestellt zu werden.

Neilson gewann denn auch seinen Prozefs, und das Einkommen aus seiner Erfindung bereitete ihm einen behaglichen Lebensabend. In der That hat die Anwendung des heifsen Windes einen vollständigen Umschwung der Roheisenfabrikation herbeigeführt. War auch der Erfolg nicht überall so in die Augen springend wie in Schottland, so war er doch allerwärts sehr bedeutend. Die Anwendung des heifsen Windes erhöhte die Produktion und verringerte die Kosten.

Es entwickelte sich über die Anwendung des heifsen Windes eine umfangreiche, vielseitige Litteratur, aus der wir im Anschlufs an das Obige das Wichtigste hier kurz hervorheben wollen.

1833 veröffentlichte in Frankreich Emil Gueymard einen amtlichen Bericht über die ersten Versuche der Anwendung des heifsen Windes beim Hochofenbetriebe zu Vienne[1]). Aus demselben geht hervor, dafs die Herren Taylor de Lunont und Beugon ein Auslandspatent (Brevet d'importation) für das englische Verfahren in Frankreich erhalten hatten und dafs die Hütte zu Vienne die erste war, welche dasselbe einführte. Während man bei kaltem Winde für 100 kg Roheisen 254,87 kg Koks verbraucht hatte, erforderten 100 kg bei heifsem Winde nur 131,82 kg, wozu noch 14,42 kg Koks als Äquivalent für die zur Winderhitzung verbrauchten Steinkohlen

[1]) Siehe Journal des connaissances usuelles, Juli 1833, S. 23; Dinglers polyt. Journ., Bd. 49, S. 189; Annales des mines, 3. Ser., IV, 87.

Digitized by Google

hinzuzurechnen waren. Die Brennmaterialersparnis übertraf also noch $^3/_8$, was dem in Schottland und England durchschnittlich erreichten Verhältnisse entsprach. Dazu kam eine Ersparnis an Kalkstein von 25 Proz. Bei den Kupolöfen hatte man in England, nach den Mitteilungen von Taylor, Brennmaterialersparnisse von 50 Proz. erzielt. Man bediente sich zu Vienne eines Apparates ähnlich dem der Clydehütte. Später wurde derselbe durch einen verbesserten Taylorschen ersetzt.

1833 erschien ferner ein umfassender amtlicher Bericht von Dufrénoy über die Anwendung des heifsen Windes in den schottischen und englischen Eisenhüttenwerken [1]). „Dieses Verfahren", schreibt er, „welches seit vier Jahren in den Hüttenwerken in der Nähe von Glasgow Eingang gefunden und dieselben vor sicherem Untergang errettet hat, hatte Mühe, die Grenzen Schottlands zu überschreiten; indessen beginnen die fast wunderbaren Erfolge die Vorurteile zu besiegen, so dafs es sich mehr und mehr auch in England ausbreitet... Ich kenne 21 Hütten mit 67 Hochöfen, welche mit heifsem Winde gehen, davon sind in Schottland 6, in Flintshire 1, in Derbyshire 3, in Staffordshire 7, in Wales 2. Auf den meisten derselben wird Gieſsereiroheisen erzeugt, aber man erbläst auch Frischereiroheisen mit heifsem Winde, und die Puddel- und Walzwerke der Tyne-Iron-Works bei Newcastle und Cadnor Park bei Derby verarbeiten nur mit heifsem Winde erblasenes Roheisen." Auf den Clydewerken war es auch, wo man zuerst die Wasserformen von den Feineisenfeuern auf die Hochöfen übertrug und die Koks durch rohe Steinkohlen ersetzte. Eine Änderung des Hochofens wurde durch die Einführung des heifsen Windes zunächst nicht nötig. Man blies mit einer Pressung von $2^1/_2$ Pfd. auf den Quadratzoll oder von 5 Zoll des Quecksilbermanometers.

Das Calder Eisenwerk war die zweite grofse Hütte in Schottland, die heifsen Wind beim Hochofenbetriebe angewendet hatte. Der neue Erhitzungsapparat daselbst kostete nach Dufrénoys Berechnung für einen Hochofen mit drei Formen 3280 Franken. Man gab zu Calder die Kosten des Winderhitzungsapparates für eine Form zu 35 £ an.

Monkland-Iron-Works war die dritte Hütte, welche den Betrieb mit heifsem Winde einführte und sich dabei des Seite 419 dargestellten Röhrenapparates bediente.

---

[1]) Annales des mines (1833), 3. Ser., IV, 431 und als Rapport à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines sur l'emploie de l'air chaud dans les mines de fer de l'Ecosse et de l'Angleterre par M. Dufrénoy, Ingenieur en chef des mines. Paris 1834.

Digitized by Google

Auf allen diesen Werken hatte man die Koks durch rohe Steinkohlen ersetzt und dieselben glänzenden Ergebnisse erzielt.

Die Erfolge auf der Birtlyhütte bei Newcastle in England, wo man mit Koks schmolz, waren nicht so bedeutend, kamen aber der Ersparnis, wie man sie auch auf den schottischen Werken mit Koksbetrieb erzielt hatte, gleich.

Auf dem Tyne-Eisenwerk erblies man in demselben Ofen Gieſserei- und Frischereiroheisen mit heiſsem Winde, wobei man nur den Erzsatz änderte. Auf diesem Werke wendete man zuerst den heiſsen Wind auch bei den Kupolöfen an und verbrauchte dabei nur 130 kg gegen 200 kg bei kaltem Winde auf die Tonne Roheisen. Die Produktion stieg in der gleichen Zeit auf das Doppelte. Die Winderhitzungsapparate waren über der Gicht der Kupolöfen angebracht.

Butterley-Iron-Works und die Werke von Cadnor Park in Derbyshire gehörten Herrn Jessop, einem der tüchtigsten Eisenindustriellen Englands. Derselbe führte 1833 den Betrieb mit heiſsem Winde ein und bediente sich dabei der ineinander gesteckten Röhren oder der Ringröhren-Apparate (pipe within pipe ovens). Aus dem so erblasenen Roheisen wurden Kesselbleche und bessere Stabeisensorten erzeugt.

Auf der Eisenhütte zu Wednesbury hatte Herr Forster von der Firma Lloyd, Forster & Co. den Winderhitzungsapparat direkt über die Gicht gestellt. Es war dies damals der einzige Apparat in England, der mit Gichtgasen geheizt wurde. Obgleich der Apparat sehr kompliziert war, so erzielte man mit der Gichtflamme allein doch nur eine Temperatur von 360° F. (= 182° C.). Um heiſseren Wind zu erhalten, muſste man sich noch einer besonderen Steinkohlenfeuerung bedienen.

In Wales wendeten anfangs nur zwei Hütten, die zu Warteg und Bleanavon, heiſsen Wind an. Die groſsen Werke bei Merthyr-Tydvill verhielten sich ablehnend gegen die neue Erfindung. Hierzu wirkten verschiedene Gründe mit. Zunächst war der Brennmaterialverbrauch auf den südwalesischen Hütten bereits ein so geringer, daſs die Ersparnis, namentlich bei dem billigen Preise der Kohlen, nicht so sehr ins Gewicht fiel, wogegen bei den niedrigen Gestehungskosten die Patentgebühr von 1 sh für die Tonne mehr wie anderswo in Betracht kam. Die Groſsindustriellen von Wales schlossen sich deshalb von vornherein der Opposition gegen Neilson, welche hauptsächlich gegen diese Gebühren ankämpfte, an. Auſserdem waren die Apparate, in welchen auf den groſsen Hüttenwerken Dowlais und Cyfartha die ersten Versuche mit heiſsem Winde gemacht worden waren, sehr unvollkommen und des-

Digitized by Google

halb das Ergebnis wenig befriedigend gewesen. Es scheint aber auch eine grofse Voreingenommenheit auf Seiten der reichen und selbstbewufsten Grofsindustriellen von Süd-Wales, welche bis dahin mit Geringschätzung auf die schottische Hochofenindustrie, die von ihnen so bedeutend überflügelt worden war, herabgeblickt hatten, bestanden zu haben, sonst läfst es sich nur schwer erklären, dafs die Anwendung des heifsen Windes in Wales so spät erfolgte.

In Frankreich fielen die ersten Versuche des Hochofenbetriebes mit heifsem Winde, welche zu Vienne im Departement Isère gemacht wurden, wie bereits erwähnt, in das Jahr 1832. In demselben und in dem folgenden Jahre wurde der Betrieb mit heifsem Winde eingeführt auf den Hütten zu Torteron (Nièvre), La Voulte (Ardêche) und Rieuperoux bei Grenoble.

Der Winderhitzungsapparat, welchen M. Brigues, der verdienstvolle Erbauer des schönen Puddel- und Walzwerkes von Fourchambault, zu Torteron errichten liefs, war wie der von Vienne nach dem Muster des Apparates von Neilson auf dem Clydewerke konstruiert. In dem Hochofen von Torteron wurde mit einem Gemenge von Holzkohlen und Koks geschmolzen. Ebendaselbst wurde auch ein Kupolofen mit heifsem Winde betrieben, und war der Winderhitzungsapparat dafür von Jeffries in London bezogen. Als Hauptvorteil erschien dabei die gröfsere Produktion.

Auf der Hütte von La Voulte wurde der Betrieb mit heifsem Winde im September 1833 begonnen. Der Apparat war nach dem von Clyde von dem Civilingenieur Philipp Taylor konstruiert. Später wurde derselbe mit einem Calder-Apparat vertauscht. Die Resultate waren sehr günstig. Der Kohlenverbrauch sank von 2057 kg auf 1210 kg für die Tonne Roheisen, einschliefslich der für die Winderhitzung verbrauchten Kohlen. Die Tagesproduktion war von 7000 kg auf 11000 kg, später sogar auf 14000 kg gestiegen.

Zu Rieuperoux erzielte Gueymard ähnliche Resultate bei einem Holzkohlenhochofen [1]). Aufser in diesen Werken wurde bis 1835 die Winderhitzung auf den Eisenhütten von Terrenoire und Janon bei St. Etienne, zu Alais, Firminy, Decazeville und zu Ancy le France eingeführt. Zu Janon hatte man einen Taylor-Apparat.

In Belgien fand die Anwendung des erhitzten Gebläsewindes erst sehr spät statt. Es scheint, dafs die abfälligen Urteile der englischen Grofsindustriellen von Süd-Wales hierzu beigetragen haben.

---

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Ser., T. IV, p. 508.

Digitized by Google

In Deutschland schenkte man dagegen der wichtigen Erfindung von vornherein die Beachtung, die sie verdiente, und das theoretische Verständnis der Wirkung der heifsen Luft wurde hauptsächlich in Deutschland gefördert. Die Verdienste Faber du Faurs zu Wasseralfingen haben wir bereits erwähnt. Die Nachbarhütten folgten rasch seinem Beispiel. Zu Königsbronn in Württemberg stellte man alsbald nach dem Erfolge in Wasseralfingen einen Röhrenapparat auf. Auf den badischen Hütten zu Hausen und Albruck wurde schon seit dem Frühjahr 1832 warmer Wind verwendet.

Faber du Faurs vortrefflicher Winderhitzungsapparat hat zur Ausbreitung des Schmelzverfahrens mit heifsem Winde in Deutschland wesentlich beigetragen. Den ersten Bericht darüber verdanken wir dem französischen Bergingenieur Voltz, der denselben in den Annales des mines 1833 veröffentlichte [1]). Die Kohlenersparnis durch den erhitzten Wind betrug $^1/_4$ bis $^1/_3$, die Jahresproduktion stieg von 60000 auf 80000 Ctr. Zu Königsbronn wendete man den heifsen Wind mit Erfolg auch beim Frischbetriebe an und ersparte dabei $^1/_6$ an Brennmaterial.

In Sachsen wurde der erhitzte Wind zuerst auf dem Lattermannschen Hochofen zu Morgenröte bei Eibenstock im Jahre 1833 angewendet.

Um dieselbe Zeit begann man mit den Versuchen in Oberschlesien. Hierbei erwarb sich der Hütteninspektor Wachler zu Malapane besonderes Verdienst. Er hatte als Winderhitzungsapparat den oben beschriebenen ringförmigen Kasten in der Gicht des Hochofens zu Malapane konstruiert. Obgleich er damit keine hohen Temperaturen erreichte und seinen Wind erst nach vierwöchentlichem Betriebe auf 140° R. brachte, so erzielte er doch sehr günstige Resultate, die er 1834 veröffentlichte [2]). Während man zur Erzeugung von 1 Ctr. Roheisen bei kaltem Winde 26,6 Kubikfufs Holzkohle gebraucht hatte, waren bei heifsem Winde nur 18,1 Kubikfufs nötig. „Vergleicht man den elfwöchentlichen Betrieb mit heifser gegen den früheren mit kalter Luft, so ergiebt sich eine Ersparung von reichlich $^1/_4$ Holzkohlen und von mehr als $^1/_4$ des Flufskalkes. Aufserdem war das Eisen für den Giefsereibetrieb viel flüssiger . . .“

1836 wurde die Winderhitzung auf der königl. Hütte zu Gleiwitz

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Ser., T. IV, p. 77; Bulletin de la Société d'encouragement 1833, p. 393.

[2]) Karstens Archiv 1834, VII, 554.

Digitized by Google

eingeführt. Ein Calderscher Apparat erwärmte den Wind auf 150 bis 200° C. Die Koksersparnis betrug 25 Proz., die Mehrerzeugung 14,4 Proz.

1834 war mit der Winderhitzung auch auf den gräfl. Einsiedelschen Werken zu Lauchhammer, Gröditz und Burghammer begonnen worden.

Im folgenden Jahre veröffentlichte Oberhütteninspektor Schäffer die Ergebnisse, welche auf der Sayner Hütte mit heifsem Winde erzielt worden waren [1]). Auch hier hatte die Windtemperatur nur 190 bis 200° betragen. Im ganzen ergab sich eine Ersparnis von 16¾ Proz. Brennmaterial, 5⅛ Proz. Eisenerz und 34 Proz. Kalkstein; dabei hatte die Produktion eine Zunahme von 64 Proz. erfahren.

Wachler in Malapane setzte seine Untersuchungen über die Vorteile des heifsen Windes ununterbrochen fort, indem er denselben nicht nur beim Hochofen-, sondern auch bei dem Kupolofen-, Frischfeuer- und Schmiedebetrieb einführte. Es würde zu weit führen, Einzelheiten aufzuführen, wir müssen uns mit einem kurzen Auszuge aus dem Gesamtergebnis, welches Wachler in einer Abhandlung 1838 veröffentlicht hat, begnügen [2]). Hiernach verläuft der Hochofenprozefs bei der Anwendung erhitzter Gebläseluft von Anfang an günstiger, die chemischen Reactionen sind stärker, die Schlacken flüssiger, lichter von Farbe und enthalten weniger Eisen, sowohl als chemisch gebundenes Eisenoxydul, als auch als mechanisch eingemengtes Waschеisen. Die Formen sind leuchtender, nasen wenig, und es bilden sich keine Ansätze von Frischeisen. Der ganze Betrieb ist ein regelmäfsigerer, und kann durch die höhere oder geringere Temperatur des Windes der Rohgang und Gargang vermindert werden, ohne den Erz- und Kohlensatz zu ändern, also ohne Schaden für den Ofen, und rascher als durch andere Mittel. Beim Kippen der Gichten und sonstigen Störungen wirkt eine Steigerung der Windtemperatur günstig. Das Ausbringen und die Produktion sind gröfser. Das Giefsereieisen wird verbessert, indem es sehr flüssig, hitzig, grau, feinkörnig und dicht

[1]) Karstens Archiv 1835, VII, 429.

[2]) Wachler, Allgemeine Bemerkungen über die durch Einführung des erhitzten Windes hervorgebrachten Veränderungen bei den verschiedenen Eisenschmelz- und -frischprozessen, mit besonderer Bezugnahme der auf den schlesischen Eisenhüttenwerken und namentlich zu Malapane gemachten Betriebserfahrungen Karstens Archiv 1838, XI, 171. Wer sich für weitere Einzelheiten interessiert, findet solche unter anderem in den oben angeführten Werken von v. Herder und Merbach, sodann in einer Sammlung von K. Hartmann, Über den Betrieb der Hochöfen, Kupolöfen etc. mit erhitzter Gebläseluft. 6 Bde. mit 23 Tafeln. 1834 bis 1841.

Digitized by Google

wird. Das Frischereiroheisen wird nicht verschlechtert; die relative Haltbarkeit des Eisens nicht verringert. Bei zinkischen Erzen ist der heifse Wind nicht schlechter wie der kalte, der Betrieb wird aber verbessert, wenn man mit kaltem und heifsem Winde periodisch wechselt. Das An- und Ausblasen geht rascher von statten. Der Kernschacht leidet weniger, die Rast nicht mehr so wie sonst. Die Kohlenersparnis beträgt 15 bis 30 Proz., die Ersparnis an Zuschlagkalk 8 bis 14 Proz., die Produktion ist 20 bis 30 Proz. höher als früher unter gleichen Umständen.

Beim Kupolofenbetriebe mit heifsem Winde ist ebenfalls der Gang des Ofens ein besserer. Man bedarf nur des halben Kalkzuschlages, um flüssige Schlacke zu erhalten; die Produktion wird um $^2/_3$ vergröfsert, das Eisen flüssiger, hitziger, dünner und grau. Die heifse Luft gestattet das sonst nie erreichte Umschmelzen mit Holzkohlen in 5 Fufs hohen Kupolöfen mit viel geringerem Kohlenverbrauch. Die Kohlenersparnis beträgt bis 40 Proz., der Eisenabgang wird um 4 bis 5 Proz. vermindert.

Beim Frischfeuerbetriebe fällt bei heifsem Winde infolge des hitzigen Ganges mehr Rohschlacke und fast keine Garschlacke; dadurch wird der Abbrand vermindert. Die Produktion wird dagegen nicht vergröfsert, indem durch den rohen Gang der Prozefs eher verlangsamt wird. Man mufs deshalb auch Form und Düsen weiter nehmen. Die Qualität des Eisens ist gut. Die Kohlenersparnis beträgt 25 Proz., das Mehrausbringen 6 bis 7 Proz.

Diese günstigen Erfahrungen Wachlers wurden in Deutschland an vielen Plätzen bestätigt, wenn auch nicht überall. Im Harz hatte man den heifsen Wind 1834 auf der Rothehütte, 1835 zu Tanne, 1837 auf der Altenauer Hütte eingeführt. Zu Rothehütte verminderte sich der Kohlenverbrauch von 124 Pfd. auf 99 Pfd. für 100 Pfd. Roheisen, die Temperatur des Windes hatte 140° R. betragen; auf der braunschweigischen Hütte zu Tanne sank der Kohlenverbrauch von $151^1/_2$ Pfd. auf 108 Pfd. bei 220° R. Windtemperatur. Dabei war der Ofengang ein regelmäfsigerer und das Giefsereieisen kam sehr warm aus dem Ofen.

Wir erwähnen noch folgende deutsche Hochofenwerke, auf welchen die Winderhitzung in den 30er Jahren zur Einführung gelangte: Erla bei Schwarzenberg in Sachsen 1834; Sonthofen, Maximilianshütte bei Traunstein, Bodenwöhr und Weyerhammer in Bayern; Rommershausen 1836 und Veckerhagen in Kurhessen; Lendersdorf bei Düren, Sayner-hütte bei Coblenz u. a. m. in Preufsen; ferner in Österreich bei zwei

Digitized by Google

Hochöfen zu Jenbach und Kiefer in Tirol (1836), zu Flachau und Dienten in Salzburg, auf dem gräfl. Christallniggschen Eisenwerke zu Eberstein im Klagenfurter Kreise. In Steiermark und Kärnten fürchtete man dagegen, dafs der heifse Wind ungünstig auf die Qualität des Eisens einwirken würde. In Böhmen wurde 1836 zu Franzensthal, Herrschaft Zbirow, und in Niederungarn zu Rhonitz 1837 der Betrieb mit erhitztem Winde bei den Hochöfen eingeführt.

Bei Kupolöfen wurde die Winderhitzung in vielen Giefsereien versucht.

Von Frischhütten, welche mit heifsem Winde betrieben wurden, erwähnen wir Kleinboden, Kastengstall, Kiefer, Kessen, Pillersee und Jenbach in Tirol, das gräfl. Eggersche Eisenwerk zu Feistritz, Silberne Aal bei Clausthal, Rothehütte, Rübeland, Tanne und Königshütte im Harz, Lauffen am Rhein und Königsbronn in Württemberg.

In Schweden wurden die ersten Versuche mit heifsem Winde beim Hochofenbetriebe im Sommer 1833 auf der Hütte zu Brefven vorgenommen. Besitzer derselben war Oberst von Arkarswärd; die Versuche wurden unter der Leitung des Direktors der schwedischen Hochöfen, af Uhr, vorgenommen. Der Gichtenwechsel erfolgte etwas langsamer als bei kaltem Winde, und zwar im Verhältnis von 20.51 zu 20.10 Gichten in 24 Stunden, da man aber einen stärkeren Erzsatz geben konnte, erhöhte sich dennoch die Produktion von 13,19 auf 15,02 Schiffspfund in derselben Zeit; dabei sank der Kohlenverbrauch von 13,21 Tonnen auf 10,92 Tonnen auf 1 Schiffspfund.

Im folgenden Jahre, 1834, wurde der Betrieb mit heifser Luft auf dem Eisenhüttenwerke Ankarsrum eingeführt. Man hatte hier einen besseren Winderhitzungsapparat als zu Brefven. Die Resultate sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Auf 100 L.-Pfd. erzeugtes Roheisen betrug der Aufwand an

	Erz	Kalk	Kohlen		Zeit
	L.-Pfd.	L.-Pfd.	Tonnen	Kubikfufs	Stunden
Bei kalter Luft	269,00	25,66	60,28	379,76	6,37
Bei warmer Luft	240,94	12,42	36,00	226,8	5,09
Ersparnis	10,44	51,60	40,28	—	20,10 Proz.

Der Holzverbrauch zur Winderhitzung berechnet sich aufserdem auf 0,17 Tonnen Holzkohlen auf 100 L.-Pfd., so dafs der ganze Kohlenverbrauch sich auf 36,17 Tonnen und die Kohlenersparnis auf 40 Proz. stellt.

Digitized by Google

Ferner wurde in demselben Jahre der Betrieb mit erhitzter Gebläseluft auf dem Eisenhüttenwerke Åker, wo Kanonen und schwere Maschinenteile gegossen wurden, eingeführt. Auf der Eisenhütte Dromsgö führte man den Betrieb des Hochofens mit heifsem Winde abwechselnd auf graues Giefsereieisen und auf weifses Frischereiroheisen. Die Resultate waren auch auf diesen Hütten sehr günstig.

Nachdem der grofse Nutzen der Winderhitzung bekannt geworden war, lag der Gedanke nahe, die Erhitzung des Windes einfach dadurch zu erreichen, dafs man ihn durch oder über glühende Kohlen leitete. Diese Idee hatte sich Thomas Botfield bereits am 2. Januar 1828, also ehe Neilson mit seiner Erfindung hervorgetreten war, in England patentieren lassen, doch wollte er sich dabei des natürlichen Luftzuges bedienen und wendete auch keine geschlossenen Heizkammern an. Der Vorschlag fand keine Beachtung und blieb Projekt. Nachdem aber Neilsons Verfahren bekannt geworden war und sich bewährt hatte, erfafste der Franzose Cabrol, früher Direktor der Eisenwerke zu Decazeville, diese Idee und konstruierte einen Apparat, in welchem die Gebläseluft, ehe sie in den Hochofen eintrat, direkt mit einem Steinkohlenfeuer in Berührung kam. Der Apparat bestand in einem geschlossenen gufseisernen Kasten, welcher eine Rostfeuerung umschlofs, und in den der Wind aus dem Regulator unten einströmte und oben mit den heifsen Verbrennungsgasen gemengt abströmte. Diesen Apparat, welchen Cabrol „Apparat mit gekohlten oder reduzierenden Gasen“ (Appareil à gaz carbonés ou à gaz réducteurs) nannte, liefs er sich in Frankreich patentieren. Im Oktober 1834 wurde derselbe bei einem Hochofen zu Alais in Gebrauch genommen. Er soll eine sehr hohe Windtemperatur erzeugt und die Produktion sich dadurch verdoppelt haben. Der Ingenieur Thibaud hat hierüber einen Bericht veröffentlicht[1]), auf welchen wir verweisen. Im folgenden Jahre ergaben Versuche zu la Forézie (Aveyron) noch günstigere Resultate.

Nachdem Cabrols Apparat und die Versuche zu Alais öffentlich beschrieben und bekannt geworden waren, nahm C. P. Devaux, Kaufmann in London, am 8. Oktober 1835 ein Patent auf einen ähnlichen Apparat. Fig. 118 stellt Devaux' Winderhitzungsapparat dar[2]). Durch *K* strömt die kalte Luft in den Kasten, gelangt in den Aschenfall *M*, durchdringt den Rost *F* und die darauf verbrennenden Kohlen und tritt

---

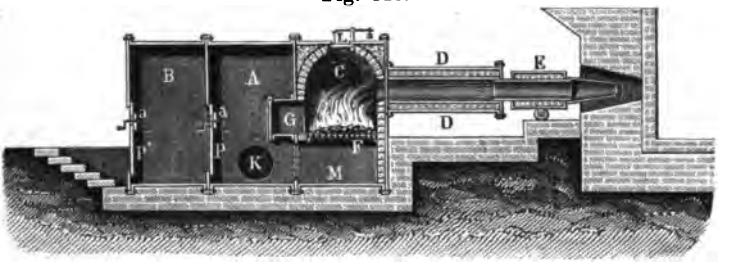
[1]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, VIII, 193.

[2]) Siehe Dinglers polyt. Journ. Bd. 61, S. 123; Wedding, a. a. O., II, 93.

Digitized by Google

aus dem Feuerungsraum *C* erhitzt und mit den Verbrennungsgasen gemengt in das Ausgufsrohr *D*. Wenn nun auch die durch die Verbrennung der Kohlen erzeugte Wärmemenge vollständig von dem durchstreichenden Windquantum aufgenommen wird und ein Wärmeverlust nicht stattfindet, so wird doch der Sauerstoff der atmosphärischen Luft, welcher sich schon durch den beigemengten Stickstoff in einem verdünnten Zustande befindet, durch die indifferenten Verbrennungsgase noch mehr verdünnt und in seiner Wirkung herabgesetzt. Es scheint, dafs die Erfolge, welche die ersten Versuche gehabt haben sollen, sich in der

Fig. 118.



Praxis nicht bestätigt haben. 1834 wurde dieses System auch bei dem mit Holzkohlen betriebenen Hochofen zu Chèvres (Nièvre) eingeführt, wurde aber hier wie auch noch auf einigen anderen Werken bald wieder verworfen.

Spätere Berichte über die Anwendung dieser Winderhitzungsapparate liegen nicht vor, so dafs dieselben sich nur als ein interessantes Experiment darstellen. Jedenfalls erwies sich die Verwendung der Gichtgase zur Winderhitzung, welche jeden Aufwand von Kohlen unnötig machte, als vorteilhafter.

Die Wirkung des heifsen Windes.

Es dauerte ziemlich lange, bis die Theorie den richtigen Aufschlufs über die erstaunliche Wirkung des heifsen Windes im Hochofen zu geben vermochte. Anfangs erschien diese Wirkung rätselhaft, denn sie war viel gröfser, als der Wärmemenge, die mit dem erhitzten Winde dem Ofen zugeführt wurde, entsprach. Diese Wärmemenge fand ihr praktisches Mafs in der zur Erwärmung verwendeten Brennmaterialmenge. Die Ersparnis, die durch die Winderhitzung beim Hochofenbetriebe erzielt wurde, war aber viel beträchtlicher als diese Brennstoffmenge, die fast gegen jene verschwand. Die Wirkung mufste also noch auf etwas ganz anderem beruhen. Auf was

Digitized by Google

aber, blieb unbegreiflich, solange noch keine Klarheit über das Wesen der Verbrennung und das Wesen des Hochofenprozesses bestand. Indem man die Wirkung des heifsen Windes zu erklären suchte, wurde man zum Verständnis der Bedeutung der Verbrennungstemperatur, des pyrometrischen Wärmeeffektes und damit zu dem des Hochofenprozesses hingeführt.

Berthier hatte bereits angenommen, dafs die Wirkung der erhitzten Gebläseluft weder in der gröfseren Ausflufsgeschwindigkeit des Windes, wie manche behaupteten, noch in der Temperaturerhöhung der Luft an und für sich zu suchen sei, sondern in dem Verbrennungsprozefs. Er nahm an, dafs der Sauerstoff durch die Erwärmung in einen Zustand versetzt werde, in dem er sich rascher verbinde, so dafs die Verbrennung eine intensivere werde. Diese Annahme Berthiers war wohl richtig, da sie aber nicht erwiesen war, blieb sie mehr eine Ahnung als eine Erklärung.

Dufrénoy versuchte die Wirkung des erhitzten Windes aus einer höheren Temperatur im Hochofen herzuleiten. Das Vorhandensein dieser höheren Temperatur erweise sich aus den Erscheinungen. Woher sie komme, lasse sich bis jetzt nicht erklären. Teilweise rühre sie daher, dafs die kalte Luft, welche durch den Ofen gejagt werde, eine grofse Abkühlung bewirke, welche durch die vorherige Erwärmung der Luft sehr vermindert werde. Die Luftmenge, welche mittels des Gebläses durch einen Hochofen getrieben wird, ist allerdings eine sehr grofse, nicht nur dem Volum, sondern auch dem Gewicht nach. Sie betrug bei einem schottischen Hochofen damals 2800 Kbffs. in der Minute, oder nahezu 125 kg. Die Luftmenge, die in 24 Stunden den Ofen durchströmte, berechnete sich danach auf etwa 180 Tonnen. Verglich man diese Luftmenge mit den festen Substanzen, welche durch die Gicht in den Ofen gelangten und welche nur 44 Tonnen betrugen, so erkannte man, welche Wärmemenge dem Hochofen dadurch entführt wurde, dafs diese grofse Luftmenge von einer mittleren Temperatur von 10° beim Eintritt auf die Temperatur von 332° beim Austritt erhitzt werden mufste.

Diese Wärmeentziehung ist bei dem erhitzten Winde um so geringer, je mehr sich der Grad der Erhitzung beim Eintritt schon der letztgenannten Gröfse nähert. Dazu kam noch, dafs das wirkliche Luftquantum bei heifsem Winde unter gleichen Umständen kleiner war, und zwar sollte dieses Verhältnis bei den schottischen Öfen sich wie 2100 zu 2800 Kbffs. verhalten und dem entsprechend weniger Luft zu erhitzen sein. Dafs diese Erklärung aber nicht genügte, die

Digitized by Google

Wirkung des heifsen Windes im Hochofen zu erklären, da die Menge Brennmaterial, welche die in Frage kommende Erwärmung bewirkte, viel zu klein war, sah Dufrénoy wohl ein. Er nahm deshalb zur weiteren Erklärung seine Zuflucht zu unbekannten chemischen Vorgängen, welche durch den erhitzten Wind bewirkt würden. Er nahm an, dafs gewisse bituminöse und gekohlte Gase vorhanden seien, deren Verbrennung durch die heifse Luft bewerkstelligt würden, während sie sich gegen die kalte Luft indifferent verhielten. Er giebt aber zu, dafs uns jeder Mafsstab für diese Wärmebildung fehle. Mit dieser unklaren Phrase war nichts erklärt.

Einen viel besseren Weg zu der richtigen Erkenntnis schlugen die Deutschen E. Pfort und H. Buff im Jahre 1835 ein, nämlich den des Experimentes. Pfort war hessischer Hütteninspektor, und Buff, der spätere berühmte Physiker, damals ein junger Lehrer an der höheren Gewerbeschule in Kassel. Veranlassung zu der Untersuchung gab die Betrachtung des Betriebes eines Kupolofens zu Veckerhagen mit erhitzter Luft, welcher sehr günstige Resultate gegeben hatte. Dafs das zugeführte Wärmequantum diese nicht allein bewirkt haben konnte, ergab die einfache Betrachtung, dafs 1 Tl. Kohle hinreicht, um 70 Tle. Wasser von 0 auf 100° zu erwärmen. Da sich aber die specifische Wärme der Luft zu der des Wassers wie 0,267 zu 1 verhält, so erwärmt 1 Tl. Kohle $\frac{70}{0{,}267} = 262$ Tle. Luft von 0 auf 100°. 100 Tle. Luft enthalten gerade genug Sauerstoff, um 8,24 Tle. Kohle in Kohlenstoff zu verwandeln. Die 262 Tle. Luft genügen demnach zur vollständigen Verbrennung von 22 Tln. Kohle, und 1 Tl. Kohle genügt, um 23 Tle. andere Luft von 0 auf 100° zu erwärmen. $^1/_{23}$ würde demnach die Ersparnis an Brennmaterial sein müssen, wenn diese allein von der mitgebrachten Wärme des 100° heifsen Windes herrührte. Da diese Ersparnis aber in Veckerhagen und an vielen anderen Plätzen viel gröfser war, so müssen hierbei noch andere Ursachen mitwirken.

Um nachzuweisen, ob ein chemischer Einfluſs mit im Spiele sei, ahmten die Genannten den Vorgang nach, indem sie eine Glasröhre mit kleinen Kohlenstückchen füllten, die Röhre glühend machten und mit einem Blasebalge das eine Mal kalte, das andere Mal heifse Luft durchbliesen und die Verbrennungsgase über Quecksilber auffingen. Eine bemerkenswerte Verschiedenheit der Verbrennungsprodukte liefs sich nicht nachweisen, wohl aber war der Verlauf der Verbrennung ein ganz verschiedener. Die Verbrennung mit kalter Luft verbreitete

Digitized by Google

sich über einen grofsen Teil der Kohlenstücke, während die Verbrennung mit heifser Luft nur an dem vordersten Ende, aber mit auffallend gröfserer Lichtentwickelung, vor sich ging. Die kalte Luft konnte bei dem Zutritt zu den Kohlen nicht unmittelbar verbrennen, sondern mufste erst zu ihrer Entzündungstemperatur erwärmt werden. Hierzu ist eine gewisse Zeit erforderlich, während welcher die bewegte Luft ihren Weg fortsetzt. Dadurch verbreitet sich die Verbrennung über einen viel gröfseren Raum und ist an keinem Punkte so intensiv, wie bei der Verbrennung mit heifser Luft, welche in einem engbegrenzten Raume sich vollzieht, in welchem der Kohlenstoff vollständig zu Kohlensäure verbrennt. Wo man hohe Temperatur im Schmelzraume braucht, wie im Hochofen, eignet sich deshalb heifse Luft mehr wie kalte.

Diese interessanten Versuche waren die Vorläufer zu Bunsens bahnbrechender Arbeit über die Hochofengase, zu welcher sie um so mehr Veranlassung geben konnten, als Bunsen ebenfalls Lehrer an der Gewerbeschule in Kassel und mit dem oben Genannten befreundet war.

Wachler stellt sich bei seiner Erklärung der Wirkung des heifsen Windes vollständig auf die Grundlage, welche Pfort und Buff gegeben hatten. Er erklärt die Wirkung der heifsen Luft durch ihre vollständige Verbrennung mit Kohle zu Kohlensäure in einem engen Raume vor den Formen, während bei dem kalten Winde die Verbrennung zum Teil noch im Schacht des Hochofens sich vollziehe. Doch legte er auch besonderen Wert auf die höhere Spannung der Luft, welche durch die Erhitzung bewirkt werde.

Nach Wachlers Beobachtungen soll eine Temperatur von 180 bis 200° R. am geeignetsten für Holzkohlenöfen sein. Eine Temperatur von 300° wirke zwar günstig auf das Ausbringen, mache aber das Eisen weniger haltbar. In England galt es dagegen als Regel, dafs bei Koks- und Steinkohlenbetrieb die Temperatur des Windes die Bleischmelzhitze (322° C.) erreichen müsse.

Die Gichtgase als Brennmaterial.

Dafs die Einführung des erhitzten Windes die Verwendung der Gichtgase als Brennmaterial zur Folge hatte, haben wir bereits erwähnt. Faber du Faur war es, der mit seinem zweckmäfsig konstruierten Winderhitzungsapparat auch die Benutzung der

Digitized by Google

Hochofengase zur Feuerung in Deutschland verbreitete. Es war eine allgemein bekannte Thatsache, dafs die Gichtflamme um so gröfser, heifser und leuchtender ist, je mehr die Beschickung im Schachte sinkt. Diese Erfahrung liefs vermuten, dafs die Hochofengase um so heizkräftiger sind, je tiefer im Schachte sie aufgefangen werden. Faber du Faur fand dies bestätigt und machte Gebrauch davon, indem er die Gase nicht von der Oberfläche der Beschickung, der Gichtöffnung, ableitete, wie es Aubertot gethan hatte, sondern in einiger Tiefe unter der Gicht, wo noch kein Zutritt der äufseren Luft stattfinden konnte, durch einen oder mehrere Abzugskanäle, welche mittels eiserner Röhren hergestellt wurden, ableitete und sie durch eine Rohrleitung dem Apparat zuführte. Obgleich die Gase dadurch soviel abgekühlt wurden, dafs sie bei ihrem Austritt nicht mehr von selbst brannten, so war doch ihre Wirkung eine stärkere, wenn man Luft zuführte und das Gemisch dann entzündete.

In England hatte ein gewisser Moses Teagne am 17. Januar 1831 ein Patent auf die Benutzung der Gichtflamme der Hoch- und Kupolöfen zur Vorbereitung der Erze und Mineralien für das Ausschmelzen genommen [1]). Dieses Patent geht aber in keiner Weise über dasjenige Aubertots von 1811 hinaus und spricht nur von „der Flamme und Hitze, welche aus der Gicht der Gebläse- oder Kupolöfen entweicht". Diese will er durch einen oder mehrere Öfen, Apparate u. s. w., welche in der Nähe der Ofengicht sich befinden, leiten. Die Art der Aufstellung dieser Apparate war allerdings ähnlich der, welche Faber du Faur anfänglich anwendete. Dieser leitete aber schon Ende 1832 die Gase aus dem mit Holzkohlen betriebenen Hochofen durch einen unter der Gicht angebrachten, aufsteigenden und mit eisernen Platten ausgekleideten Kanal ab und führte sie dem Winderhitzungsapparat zu, welcher unmittelbar neben der Gicht stand (vergl. Fig. 110). Da sich die Gase beim Niedersinken der Gichten meist schon in dem Kanal entzündeten, so war es auch bei diesem Apparat mehr auf die Ausnutzung der Gichtflamme, als der selbständigen Verwendung der Gichtgase als Brennmaterial abgesehen. Die Art der Abführung der Gase durch einen unter der Gicht angebrachten Abzugskanal führte aber zu letzterer.

Faber du Faur machte Versuche, die abgeleiteten Hochofengase auch zu anderen Heizzwecken zu verwenden, indem er sie in Herden und Flammöfen zu benutzen suchte. Leider fehlen über diese

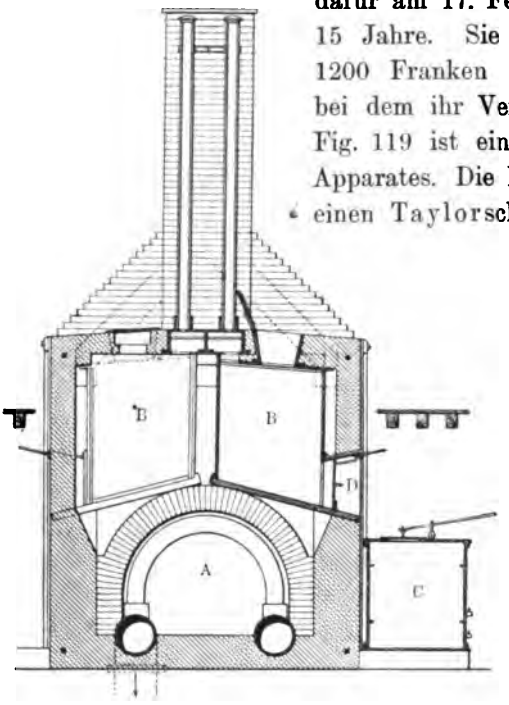
[1]) Siehe Dingler, polyt. Journ. 46, S. 344.

Digitized by Google

Versuche vor dem Jahre 1837 alle Nachrichten, und die aus der Zeit nach 1837 sind auch nur höchst spärlich und ungenügend. Faber du Faur hat nichts durch den Druck veröffentlicht. Er hielt seine Erfindungen geheim, weil er sie finanziell ausbeuten wollte.

Um dieselbe Zeit begann man in Frankreich, die Gichtgase aufser zur Winderhitzung auch zum Darren und teilweisen Verkohlen des Holzes in gufseisernen Kästen, welche auf der Gicht standen und von den Gasen umspült wurden, zu verwenden. Dieses Verfahren wurde zuerst auf der Hütte zu Bièvres eingeführt, und die Erfinder Houzeau-Moiron und Feauveau-Déliars erhielten dafür am 17. Februar 1835 ein Patent auf 15 Jahre. Sie erhoben eine Prämie von 1200 Franken jährlich von jedem Ofen, bei dem ihr Verfahren eingerichtet wurde. Fig. 119 ist ein Querschnitt eines solchen Apparates. Die Hochofengase erhitzten erst einen Taylorschen Winderhitzungsapparat, umspülten darauf die eisernen Holzdarrkästen *B B* und traten dann in die Esse. Die Darrkästen wurden, sobald die Verkohlung genügend vorgeschritten war, durch Ziehen der Thür *D* in eisernen, mit einem Deckel verschliefsbaren Kästen *C* entfernt, wo man die Rotkohle sich abkühlen liefs. Der Ingenieur Th. Virlet hat sich eingehend mit diesem Gegenstande beschäftigt und in den Annales des Mines von 1836 eine Abhandlung darüber veröffentlicht.

Fig. 119.



Im Jahre 1836 erhielt Victor Sire, Hüttenbesitzer zu Clerval, ein Patent auf ein Verfahren, Stabeisen mittels der Hochofengase zu fabrizieren. Er führte aber sein Verfahren nicht aus und überliefs es 1841 Ebelman.

1837 waren Faber du Faurs Versuche zu Wasseralfingen zu einem Abschlusse gelangt. Es war ihm gelungen, Eisen mit abgeleiteten Hochofengasen zu frischen, und er bot sein Verfahren mit den

Digitized by Google

dafür erforderlichen Einrichtungen und der Inbetriebsetzung gegen eine Vergütung von 4000 Thlrn. den Eisenhüttenbesitzern an [1]).

Faber du Faur gebührt unbedingt die Priorität der Erfindung und der praktischen Ausführung der Ableitung und Verbrennung der Gichtgase, was allseitig, namentlich auch von den Franzosen selbst anerkannt wurde. Delesse schreibt [2]) 1842 ausdrücklich Faber du Faur das Verdienst zu, die Hochofengase zuerst nicht nur zu Heizzwecken, sondern auch zur weiteren Eisenverarbeitung, insbesondere zum Betriebe der Weifs- oder Feinfeuer und der Puddlingsöfen mit vollständigem Erfolge verwendet zu haben, nachdem man schon früher einen Teil der entweichenden Brennkraft zur Heizung von Dampfkesseln, Röstöfen, Holzverkohlungs- und Lufterhitzungsapparaten hier und da benutzt hatte.

Delesse schrieb, wie viele seiner Zeitgenossen, dieser Erfindung eine so grofse Wichtigkeit zu, dafs er den Namen Fabers neben den eines Jacquard und Watt stellt. „Das Geheimnis des Herrn Faber ist bis jetzt noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit bekannt geworden", schreibt Delesse 1843, „wohl aber haben es mehrere Hüttenwerke der Schweiz, Deutschlands und Frankreichs an sich gebracht, und durch Vermittelung des Fürsten Lobkowitz ist es einer Anzahl österreichischer Hütten zugänglich geworden." Die Erwartungen hinsichtlich der Verwendung der Hochofengase zum Puddelbetriebe haben sich nicht erfüllt, dennoch haben diese Versuche sehr wichtige Folgen für die Eisenindustrie gehabt.

1838 hatten auch die Herren von Dietrich & Ko. auf ihrem Hüttenwerke Jägerthal (Depart. Niederrhein) das Frischen mit Hochofengasen angeblich nach dem System Sire eingeführt.

Trotz dieser Erfolge fehlte aber dem Verfahren noch die richtige Grundlage. Diese verschaffte erst die chemische Analyse.

Die chemische Untersuchung der Hochofengase.

Einer der gröfsten Fortschritte auf dem Gebiete der gesamten Hüttenkunde, insbesondere aber des Hochofenprozesses, wurde erreicht durch Bunsens Untersuchung der Hochofengase von Veckerhagen im Jahre 1838. Durch die Anwendung des heifsen Windes beim Hochofenbetriebe und die Verwendung der Gichtgase als Brennmaterial war die Aufmerksamkeit auf die Verbrennungsvorgänge im Hochofen gelenkt worden. Die grofse Wirkung der erhitzten Gebläse-

[1]) Siehe Berg- und hüttenmänn. Ztg. vom 10. Januar 1842.
[2]) Annales des mines 1843, 4. Serie, I, 433.

Digitized by Google

luft war augenscheinlich durch eine intensivere Verbrennung im Gestelle des Hochofens bedingt. Wie die Verbrennung im Hochofen aber vor sich ging? woher es kam, dafs bei der Anwendung von heifsem Winde die Temperatur im Schachte niedriger war und die Gase weniger heifs aus der Gicht ausströmten, als bei der Anwendung kalter Luft? das waren Fragen, deren Beantwortung unsicher blieb, so lange man nicht die Vorgänge im Ofen genau feststellen konnte. Dies schien aber unmöglich, denn wer konnte dieselben in dem glühenden Schachte eines im Betriebe befindlichen Ofens ergründen? Der Gedanke lag so fern, dafs er noch gar nicht ernstlich diskutiert worden war.

Und doch war die Lösung dieser Aufgabe leicht und einfach. Es gehört zu den Triumphen, welche die moderne Chemie gefeiert hat, dafs sie durch die genaue Analyse der Gase in den verschiedenen Höhen des Hochofens den ganzen Vorgang des Schmelzprozesses in seinen verschiedenen Stadien klargelegt hat. Hoher Ruhm gebührt aber auch dem Manne, der den Mut hatte, diese Arbeit zu übernehmen und sie glänzend durchzuführen. Es war Robert Bunsen, der berühmte Chemiker, der Erfinder der Spektralanalyse, der, damals noch Lehrer an der polytechnischen Schule zu Kassel, durch seine Untersuchung der Hochofengase die Augen der Welt auf sich zog. Hätte Bunsen kein anderes Verdienst als das dieser Arbeit, so würde sein Name doch unsterblich sein. Die Veranlassung zu dieser Untersuchung war nicht das Studium des Schmelzprozesses, sondern die praktisch näherliegende Frage des Brennwertes der Hochofengase. Zu diesem Zwecke gewährte auch die kurfürstl. hessische Regierung die Mittel für diese Untersuchung und beauftragte den Hütteninspektor Pfort zu Veckerhagen, gemeinschaftlich mit Dr. Bunsen diese auf der kurfürstl. Hütte zu Veckerhagen auszuführen. Pforts Namen haben wir bereits bei der interessanten Arbeit, welche er mit Dr. Buff über die Wirkung des erhitzten Windes ausgeführt hatte, kennen gelernt. Es gebührt ihm nicht nur ein Anteil des Ruhmes an diesen Untersuchungen, sondern auch die Anerkenung für die Verbesserungen, welche er als Hüttenmann auf dem Eisenwerke zu Veckerhagen eingeführt hatte. Es waren dies besonders ein sehr originelles Gebläse, welches Henschel in Kassel konstruiert hatte, ein eigenartiger Winderhitzungsapparat mit Doppelröhren und ein von ihm erfundener Gichtgasfang.

Den ersten Bericht über die Gasuntersuchung zu Veckerhagen, wozu die Gase im Herbst 1838 gesammelt worden waren, veröffentlichte Bunsen in Poggendorfs Annalen 1839 unter der Aufschrift:

Digitized by Google

„Über die gasförmigen Produkte des Hochofens und ihre Benutzung als Brennmaterial.“ Das Auffangen der Gase geschah in der Weise, dafs er sich ein mehr oder weniger langes, aus Flintenläufen zusammengeschweifstes Rohr anfertigte, welches in verschiedenen Tiefen des Ofenschachtes von der Gicht aus niedergelassen werden konnte. An das obere Ende des Flintenlaufes war ein gebogenes Bleirohr angelötet, durch welches die Gase erst einem langen, mit Chlorcalcium gefüllten Glasrohre zur Absorption der Feuchtigkeit und dann einer Reihe kürzerer Röhren, deren Enden ausgezogen waren, zugeführt wurden. Das vordere Ende des Apparates wurde mit einer Luftpumpe verbunden und die Gase so lange hindurchgesogen, bis man versichert sein konnte, das Gas aus der beabsichtigten Tiefe unvermischt erhalten zu haben. Die einzelnen Röhrchen wurden alsdann hermetisch mit dem Lötrohr verschlossen. Die Analyse der aufgefangenen Gase erfolgte in einem von Bunsen selbst erfundenen kalibrierten Quecksilbereudiometer.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der chemischen Untersuchung zusammengestellt [1]):

Zusammensetzung der Gase des Holzkohlenhochofens zu Veckerhagen nach Bunsen 1839 [2]).

Höhe 5,97 m	Kurhessische Fufs	Höhe über den Formen:	$17^3/_4$	$16^1/_4$	$14^3/_4$	$13^1/_4$	$11^3/_4$	$8^3/_4$	$5^3/_4$
	Meter		5,11	4,68	4,25	3,81	3,38	2,52	1,65
	Kurhessische Fufs	Tiefe unter der Gicht:	3	$4^1/_2$	6	$7^1/_2$	9	12	15
	Meter		0,86	1,29	1,72	2,16	2,59	3,45	4,32
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Auf 100 Vol. Stickstoff Nach Volumprozenten	1.	Stickstoff	62,34	62,25	66,29	62,47	63,89	61,45	64,58
		Kohlensäure	8,77	11,14	3,32	3,44	3,60	7,57	5,97
		Kohlenoxyd	24,20	22,24	25,77	30,08	29,27	26,99	26,51
		Sumpfgas	3,36	3,10	4,04	2,24	1,07	3,84	1,88
		Wasserstoff	1,33	1,27	0,58	1,77	2,17	0,15	1,06
	2.	Kohlensäure	14,1	17,9	5,0	5,5	5,6	12,3	9,2
		Kohlenoxyd	38,8	35,7	38,9	48,1	45,8	48,9	41,0
	3.	Kohlenstoff	26,4	27,8	21.9	26,8	25,7	28,1	25,1
		Sauerstoff	33,5	35,7	24,4	29,5	28,5	34,2	29,7
	4.	Sauerstoffüberschufs	7,0	9,2	—2,1	3,0	2,0	7,7	3,2

[1]) Dieselben sind Bunsens Abhandlung im Brit. Ass. Rep. 1845, p. 143 entnommen, indem hier die Fehler der älteren Tabelle in Poggendorfs Annalen korrigiert sind, sowie Weddings Eisenhüttenkunde II, 217.

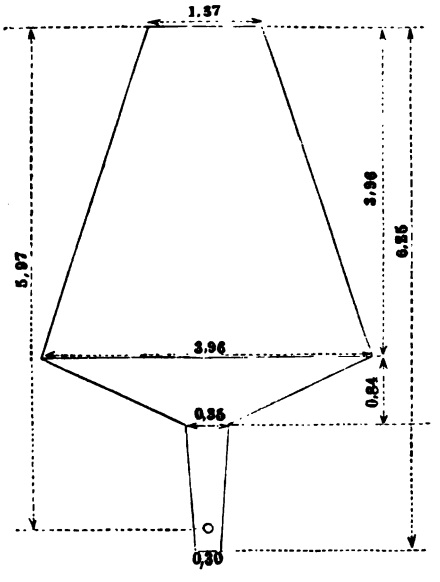
[2]) Nach der von Bunsen verbesserten Zusammenstellung im Brit. Ass. Rep. 1845, p. 143; siehe Wedding, a. a. O., Bd. II, S. 217.

Digitized by Google

1. giebt die prozentuale Zusammensetzung der trockenen Hochofengase in den darüber angegebenen verschiedenen Tiefen des Hochofens. Da aber diese Zahlen für die Vergleichung nicht ausreichen, so sind die wichtigsten Bestandteile Kohlensäure und Kohlenoxydgas in 2. auf 100 Vol. Stickstoff, welcher allein unverändert den Ofen durchläuft, bezogen; in 3. sind die erstgenannten Gase auf Kohle und Sauerstoff umgerechnet, und 4. ergiebt dann das Mehr oder Weniger an Sauerstoff im Vergleich mit dem Verhältnis in der Atmosphäre von 100 Vol. Stickstoff zu 5 Vol. Sauerstoff.

Fig. 120 zeigt das Profil und die Mafse des Hochofens von Veckerhagen. Die Gase wurden am 28. September 1838 zwischen 2 Uhr morgens und 11 Uhr abends gesammelt. Während des Aufsammelns schwankte die Pressung des Windes zwischen 16,1 und 17,2 Zoll und betrug im Durchschnitt 16,8 Zoll (0,439 m) Wassersäule; die Temperatur des Windes lag zwischen 243 und 313° C. und im Mittel bei 275° C. Die Düse hatte 27,4 Linien (0,60 m) Durchmesser. Das Gewicht der pro Minute eingeblasenen Luft war auf 10,432 kg, der nach einer monatlichen Durchschnittszahl berechnete Kohlenverbrauch pro Minute zu 1,705 kg gefunden. Die Roheisenproduktion betrug 1,0218 kg pro Minute, bei deren Reduktion 0,3938 kg Sauerstoff in Verbindung mit Kohle in Gasform verwandelt wurde. Von der Möllerung wurden pro Minute 4,0314 kg durchgeschmolzen. Dieselbe bestand aus:

Fig. 120.



Kieselsauren Salzen und Oxyden . . .	83,52	Proz.
Wasser	13,00	„
Kohlensäure	3,38	„
	100,00	Proz.

Es entweichen daher pro Minute 0,1411 kg Kohlensäure aus derselben.

Hiernach betrug das Gewicht der aus der Gicht in einer Minute ausströmenden Gase an

Digitized by Google

ausgeblasener atmosphärischer Luft	10,432 kg,
vergastem Sauerstoff aus den Erzen	0,394 „
vergaster Kohle	1,688 „
Kohlensäure aus der Möllerung	0,141 „
im ganzen	12,655 kg,

was im grofsen und ganzen mit der Analyse der Gichtgase übereinstimmt, deren Kohlenstoffgehalt sich auf 0,1632 kg berechnet.

Werfen wir einen Blick auf die Zusammensetzung der Gase in verschiedener Höhe, so fällt zunächst die bedeutende Zunahme des Kohlensäuregehaltes in den oberen Schichten auf. Dieselbe erklärt sich aus der Kohlensäureentwickelung aus der Möllerung in dieser Zone. Ebenso auffallend ist dann die gleichbleibende Menge von Kohlenoxydgas bis zu einer Tiefe von 14 Fufs. Den Wasserstoff fand Bunsen als freien Wasserstoff und nicht als Kohlenwasserstoff.

Es stellten sich demnach nach Bunsen gewissermafsen drei verschiedene Ofenzonen dar: der obere Raum, der sich bei dem Ofen von Veckerhagen etwa 4 Fufs unter die oberste Kohlengicht erstreckte, versieht die Stelle eines Röst- und Brennofens; das freie und chemisch gebundene Wasser der Möllerung und des Brennmaterials entweicht, die thonigen Erze werden gebrannt und die Abscheidung der Kohlensäure der Möllerung durch die Gegenwart des Wasserdampfes begünstigt.

Der zweite Raum ist durch den über 30 Proz. sich belaufenden Kohlenoxydgehalt der hier herrschenden Gase charakterisiert und erstreckt sich bis in den untersten Teil der Rast. Man könnte ihn den Reduktionsraum nennen. Kohlenoxydgas, Grubengas und Wasserstoff dringen in die durch die Röstung geöffneten Poren des Erzes ein; die Reduktion zu Eisenoxyduloxyd beginnt und schreitet beim Niedergang teilweise bis zur völligen Reduktion fort, indem sich bei der hier herrschenden Temperatur noch nicht schmelzbare Kalksilikate bilden.

Der dritte Raum umfafst das Gestell und entspricht dem Schmelzofen. Die Bildung der Schlacke, der geschmolzenen sauren Silikate beginnt, das Eisen wird vollständig reduziert und gekohlt, bis endlich Schlacke und Metall sich scheiden.

Auf Grund des Ergebnisses seiner Gasanalysen empfiehlt Bunsen, die Gase zu ihrer Verwendung als Brennmaterial in einer Tiefe von 5 bis 7 Fufs, wo sie das Maximum von verbrennlichem Gas besitzen, durch einen im Ofenschacht angebrachten ringförmigen Spalt mit

Digitized by Google

nach unten gekehrter, etwas über die Mauerung hervorragender trichterförmiger Überdachung, welche in den Ableitungskanal ausliefe, abzuleiten. Die Einsenkung eines von oben herab in die Gicht eingesenkten Rohres empfiehlt er dagegen nicht.

Bunsen wirft dann noch die Frage auf: „Der wievielste Teil der im Hochofen erzeugten Wärme ist bei der bisherigen Nichtbenutzung der Gichtgase verloren gegangen?“ Die Rechnung ergiebt 49,55 Proz. Also ungefähr die Hälfte des Brennstoffes entweicht mit den Hochofengasen unbenutzt, abgesehen von der Wärme, welche zu ihrer Erhitzung erforderlich war. Diese letztere beträgt nach Bunsens Berechnung nochmals 25 Proz., so dafs im ganzen 75 Proz. des ursprünglichen Brennstoffes mit den Gasen aus der Gicht entweichen.

Die ganze entwickelte Wärme verteilt sich folgendermafsen:

Wärmeverlust durch die Gicht	75,0	Proz.
Wärmebedarf im „Brenn- und Trockenraum“	2,1	„
Wärmebedarf im „Reduktionsraum“	4,3	„
Wärmebedarf im „Schmelzraum“	18,6	„
	100,0	Proz.

Bunsen untersuchte nun, ob und wie sich die Gichtgase zum Schmelzen des Roheisens verwenden liefsen. Die Quantität der Wärme, welche in den Hochofengasen enthalten ist, wäre reichlich ausreichend, um Roheisen im Flammofen zu schmelzen, nicht aber die Intensität, wenn die Verbrennung der abgekühlten Gase mit kalter Luft geschieht, denn diese würde nur 1180° C. betragen, während Roheisen nach Pouillet erst bei 1200° C. flüssig wird. Auch mit erhitzter Luft von 200° C. würde dieser Zweck noch nicht erreicht, da hierbei nur eine Verbrennungswärme von 1280° C. entstünde, welcher Überschufs für den Zweck nicht hinreicht; dagegen würde genügende Hitze erzeugt, wenn man die heifsen Gase (deren Temperatur Bunsen allerdings zu hoch auf 1000° annimmt) mit erhitztem Winde verbrennen würde.

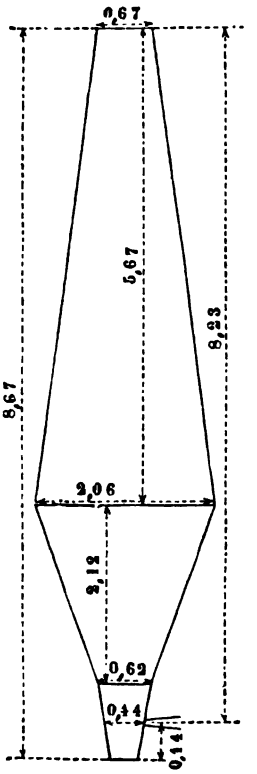
Viel günstiger aber würden sich die Gase zur Dampferzeugung verwenden lassen, indem nach Bunsens Berechnung schon $^1/_{12}$ des entweichenden Brennstoffes ausreichen würde, eine für den Betrieb des Hochofengebläses ausreichende Dampfkraft zu erzeugen.

„Die Vorteile, welche im Eisenhüttenwesen aus dieser letzteren Anwendung der Gichtgase erwachsen werden, dürften sehr erheblich sein, indem dadurch die Anlagen nicht mehr an das Vorkommen von Gefällen gebunden bleiben.“ Man sieht, Bunsens Untersuchung gab Aufschlufs und Anregung für die wichtigsten theoretischen und praktischen Fragen des Hochofenbetriebes.

Digitized by Google

Wir behalten zunächst die theoretische Frage, die Erklärung des Hochofenprozesses, im Auge.

Fig. 121.



Hierüber hatte Bunsens erste Arbeit noch keinen vollständigen Aufschluſs gegeben, weil die von ihm untersuchten Gase nur aus dem Schacht und der Rast abgeleitet waren, während er wegen der groſsen Hitze im Gestell keine Gase aus diesem Teile des Hochofens entnommen hatte.

Bunsens Aufsehen erregende Veröffentlichung spornte zur Nacheiferung an, und zwei Jahre später beschäftigte sich der französische Chemiker Ebelman[1]) mit ähnlichen Untersuchungen. Die erste Arbeit, welche er veröffentlichte, war die Analyse der Gase des Hochofens zu Clerval im Jahre 1841[2]). Dieser Ofen, der ebenfalls mit Holzkohlen betrieben wurde, hatte das in Fig. 121 dargestellte Profil. Die mittlere Windpressung betrug 0,018 m Quecksilber, die mittlere Temperatur 180° C., der Durchmesser der Düse 0,065 m. Die Luftmenge pro Minute auf 0° C. und 0,76 m Barometerstand reduziert betrug 8,76 cbm. Die Kohlengicht wog 115 kg, die Erzgicht

[1]) Jacques Joseph Ebelman war am 10. Juli 1814 zu Beaume-les-Dames (Depart. Doubs) geboren. Er wurde Bergingenieur und zeichnete sich früh durch vortreffliche chemische Arbeiten aus. Er stieg sehr früh zum Ingenieur-en-chef des mines auf, war 1840 Professor der Docimasie an der École des mines und der Keramik an dem Conservatoire des arts et métiers. 1847 wurde ihm die Administration der königl. Porzellanfabrik zu Sèvres übertragen, für deren gedeihliche Entwickelung er sich groſse Verdienste erwarb. Am 8. März 1852 ernannte ihn die Regierung zum Mitgliede der Jury für die Londoner Weltausstellung, aber schon wenige Wochen danach, am 31. März 1852, starb der vortreffliche Gelehrte, kaum 38 Jahre alt. Von den zahlreichen Abhandlungen, welche er veröffentlichte und welche unter dem Titel Traveaux scientifics gesammelt erschienen, führen wir nur die wichtigsten auf die Eisenindustrie bezüglichen an. Ein Aufsatz über die Anwendung des rohen Holzes erschien in den Annales des mines, 3. Serie, XIV; die ersten beiden Arbeiten Sur la composition des gaz des hauts-fourneaux XVI, 1839 und XX, 1841. Sur la chaleur de combustion du carbone et d'oxide de carbone, XIX, 1841. Sur la composition des gaz qui se degagent des forges d'affinerie, ebenda, 4. Serie, III, 1843. Sur la production et l'emploie des gaz combustibles dans les arts metallurgiques, III, 1843 und V, 1844. Sur la carbonisation des bois, III. Nouveau recherches sur la composition des gaz des hauts-fourneaux, 4. Serie, XIX, 1852.

[2]) Annales des mines, 3. Serie, XX, 419.

Digitized by Google

296 kg, der Kalkzuschlag 29 kg. Eine Gicht enthielt 78,10 kg Eisen; nach je 20 Gichten wurde abgestochen; die Produktion in 24 Stunden betrug 2030 kg.

Ebelman bediente sich nicht der eudiometrischen Methode, sondern er suchte die Gase durch Überleiten über bis zur Rotglut erhitztes Kupferoxyd zu verbrennen, die gebildete Kohlensäure zu bestimmen und aus deren Gewicht die brennbaren Gase zu berechnen. Das Auffangen der Gase im Schachte geschah durch ein 10 cm weites Gufsrohr, aus dem Kohlensack wurden die Gase durch ein durch die Ofenwand geführtes Kupferrohr abgeleitet. Obgleich die von Ebelman gefundenen Zusammensetzungen der Hochofengase in verschiedener Tiefe im allgemeinen mit den von Bunsen gefundenen übereinstimmen, so zeigen sie doch im einzelnen nicht geringe Abweichungen. Die auffallendste ist das gänzliche Fehlen von Kohlenwasserstoff. Dieses rührt aber, wie Bunsen nachgewiesen hat, nur von der Unvollkommenheit der angewandten analytischen Methode her, und hat Ebelman bei einer im Jahre 1848 wiederholten Analyse der Gase des Hochofens von Clerval auch Kohlenwasserstoff (Sumpfgas) nachgewiesen, wenn auch nur in den geringen Mengen von 0,10 bis 1,33 Tln.

Ebelman berücksichtigte bei seinen Analysen auch den Wassergehalt, und hat er die Gase des Hochofens von Clerval in noch gröfseren Tiefen abgefangen als Bunsen, und zwar (I) in 7,79 m Tiefe, d. h. 0,44 m über der Form, und (II) direkt am Tümpel. Ihre Zusammensetzung war:

	I.	II.
Stickstoff	56,68	47,40
Kohlensäure	0,31	—
Kohlenoxyd	41,29	51,35
Wasserstoff	1,42	1,25

Hier erscheint also fast aller Kohlenstoff in Form von Kohlenoxydgas gebunden; auch 2,56 m über der Form konnte Ebelman nur Kohlenoxydgas, aber keine Kohlensäure nachweisen. Wenn daher in dem Fokus der Verbrennung in kurzer Entfernung vor den Formen, wo die glühende Kohle mit einem Überschufs von Sauerstoff zusammentrifft, die vollständige Verbrennung zu Kohlensäure wirklich stattfindet, so wird doch alsbald aufserhalb des Fokus die Kohlensäure durch die glühenden Kohlen wieder zu Kohlenoxydgas reduziert.

Digitized by Google

Ebelman analysierte in demselben Jahre und in gleicher Weise die Gase des Hochofens zu Audincourt [1]). Dieser Ofen wurde mit einem Gemenge von Holzkohle und rohem Holz und mit kaltem Wind betrieben. Der Ofen, der auch nur eine Form hatte, war 11 m hoch, also höher als der von Clerval. Der Wind war auf 250° C. erhitzt, die Pressung betrug 0,070 bis 0,074 m Quecksilber. Die Düse hatte einen Querschnitt von 32 qcm. Es wurden Bohnerze, kalkige Erze und Frischschlacken mit Kalkzuschlag auf weifses Frischereiroheisen verschmolzen. Die Temperatur in dem oberen Teile des Schachtes war sehr niedrig, so dafs Holzstücke bei 1¾stündigem Verweilen in einer Tiefe von 3 m beim Herausnehmen unverändert erschienen, wogegen sie bei 3¼stündigem Verweilen in einer Tiefe von 4 m vollständig verkohlt waren. Natürlich waren in diesen Höhen dem Gas die Destillationsprodukte des Holzes beigemengt. Im ganzen aber zeigte die Zusammensetzung der Gase in den entsprechenden Tiefen eine grofse Übereinstimmung mit denen des Ofens von Clerval.

In der Höhe der Form wurden mehrere Gasproben aus verschiedenen Teilen des Ofens entnommen, 1. von der der Form gegenüberliegenden Seite, 2. von der Rückwand, 3. 0,10 m vor der Form, 4. 0,15 m vor der Form, und 5. neben der Form. Ihre Zusammensetzung war folgende:

	1	2	3	4	5
Kohlensäure	—	—	3,37	6,34	2,61
Kohlenoxydgas	48,52	47,08	—	—	29,05
Wasserstoff	0,90	1,30	—	—	1,06
Stickstoff	50,58	51,62	79,20	79,20	67,28
Sauerstoff	—	—	17,43	14,46	—

Bei den Analysen im oder nahe dem Fokus vor der Form zeigt sich noch freier Sauerstoff und aller Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt.

Über das Wesen des Vorganges bei der Reduktion der Erze im Hochofen hat Le Play um diese Zeit eine interessante Arbeit veröffentlicht, worin er nachzuweisen sucht, dafs der Kohlenstoff im gasförmigen Zustande zur Wirkung komme [2]).

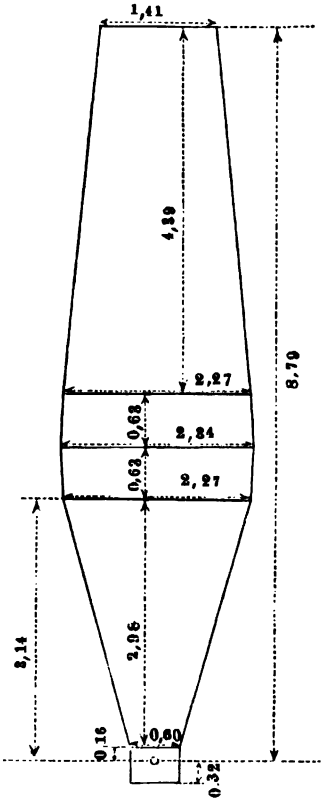
1842 untersuchte Hütteninspektor Heine die Gase des Holz-

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Ser., XX, 395.
[2]) Annales des mines, 2me livraison, 1841.

Digitized by Google

kohlenhochofens zu Mägdesprung [1]). Er entzog die Gase aus derselben Höhe von 10 Fuſs oder 3,138 m, aber bei verschiedenem Gang des Ofens: einmal beim Gargang, dann bei der Darstellung von halbiertem Eisen und zuletzt bei Rohgang. Der Mägdesprunger Hochofen war 31 Fuſs (9,73 m) hoch, hatte eine $3^1/_2$ Fuſs (1,10 m) weite Gicht und wurde mit heiſsem Winde betrieben. Es wurden Spateisensteine mit Rot- und Brauneisensteinen unter Zuschlag von Frischschlacken verschmolzen. Die Gase wurden in einer gewissen Tiefe unter der Gicht nach Art der Wasseralfinger Gasfänge abgeleitet und sollten zum Puddeln verwendet werden.

Fig. 122.



Vergleicht man die Zusammensetzung der Gase des Mägdesprunger Ofens, so ergiebt sich der relative Kohlenoxydgehalt am geringsten bei dem Rohgang, am höchsten bei der Darstellung des halbierten Eisens. Bei ersterem ist der Kohlensäuregehalt höher. Das Brennmaterial wurde also beim Rohgang am besten im Ofen ausgenutzt.

1843 untersuchten der deutsche Chemiker und Hüttenmann Theodor Scheerer und der Norweger Langberg die Gase des Hochofens zu Bärum in Norwegen [2]). Der Ofen hatte die nebengezeichneten Maſse (Fig. 122). Der Wind trat mit 0,030 m Quecksilberdruck und 200 bis 230° C. warm durch die eine Düse von 0,072 m ein. Die Beschickung bestand aus Eisenglanz und Magneteisenstein ohne Zuschlag. Die Zusammensetzung der Gase des Ofens zu Bärum wich namentlich im oberen Schacht nicht unwesentlich von dem zu Veckerhagen und Clerval ab, indem der Kohlensäuregehalt beträchtlich gröſser, der Kohlenoxydgasgehalt viel geringer war. Bei ca. $7^1/_2$ Fuſs unter der Gicht enthielten die Gase von

[1]) Siehe Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1842, S. 809.
[2]) Annalen der Physik und Chemie LX, 499.

Digitized by Google

	Veckerhagen	Clerval	Bärum
	Tiefe unter der Gicht:		
	2,16 m	2,67 m	2,36 m
Stickstoff	62,47	58,15	62,65
Kohlensäure	3,44	13,76	18,21
Kohlenoxyd	30,08	22,65	15,33
Sumpfgas	2,24	—	1,28
Wasserstoff	1,77	5,44	2,53
	100,00	100,00	100,00

Aus dem Verhältnis des Stickstoffs zum Sauerstoff in den Gasen des Ofens von Bärum schloſs Scheerer, daſs die Erze vor ihrem Eintritt in den weitesten Teil des Hochofens sich schon in fast völlig reduziertem Zustande befanden.

Alle bis dahin untersuchten Gase stammten von Holzkohlenhochöfen. Im Jahre 1843 veröffentlichte Ebelman auch Gasanalysen von zwei Kokshochöfen zu Vienne und Pont l'Evêque. Beide hatten je zwei Formen, der eine 10,125 m, der andere 11 m Höhe, beide wurden mit heiſsem Winde betrieben. Ein nennenswerter Unterschied lieſs sich nur hinsichtlich des geringen Kohlensäuregehaltes wahrnehmen. In den Kokshochöfen wird die Kohlensäure, welche im Fokus gebildet wird, in gröſserer Tiefe und vollständiger in Kohlenoxydgas reduziert. Ebelman leitet den Unterschied, der nur in der oberen Hälfte des Hochofens bemerkbar sei, von der ungleichen Tiefe, in welcher die Reduktion der Erze stattfindet, her, indem er annimmt, daſs dieselbe infolge der gröſseren Hitze der Kokshochöfen in einem höheren Teile derselben vor sich gehe.

1848 untersuchte Ebelman die Gase des beträchtlich gröſseren Kokshochofens von Seraing und wiederholte die Analyse der Gase des Holzkohlenofens zu Clerval. Bei diesen Analysen führte er den Kohlenwasserstoff getrennt auf. Im ganzen fand er aber seine frühere Untersuchung bestätigt. Danach schreitet die Reduktion von der Gicht bis zur Tiefe von 6 m progressiv voran. In derselben Zone wächst der Kohlenstoffgehalt der Gase infolge der Entbindung von Kohlensäure aus Erz und Zuschlagkalkstein, sowie wegen der fortschreitenden Destillation der Holzkohle. Im umgekehrten Verhältnis zu der Zunahme des Kohlenoxydgases stehe das Verhältnis von Wasserstoff und Kohlenwasserstoff, von denen ersteres keine reduzierende Kraft zu besitzen scheine.

Von hohem Interesse ist die sorgfältige Untersuchung der Gase des mit Steinkohlen betriebenen Hochofens der Oakeshütte zu Al-

Digitized by Google

freton in England, welche Bunsen in Gemeinschaft mit Playfair im Jahre 1845 ausführte [1]). Der Ofen hatte die in nebenstehender Abbildung, Fig. 123, verzeichneten Maſse; zwei Düsen von 0,063 m Durchmesser. Der Wind hatte 0,171 m Quecksilberpressung und 330° Wärme. Das Brennmaterial bestand aus roher Kohle, die nach der Verkokung etwa 67¼ Proz. Koks gab. Das Erz war gerösteter Sphärosiderit, der Zuschlag Kalkstein. In 24 Stunden wurden 16315 kg Erz und 15149,5 kg Kohle durchgesetzt. Die Analyse ergab:

		Höhe über den Formen in Metern								
		9,48	8,56	7,65	6,73	5,82	4,90	3,99	3,69	0,64
		Tiefe unter der Gicht in Metern								
		1,52	2,44	3,35	4,27	5,18	6,10	7,01	7,31	10,36
Nach Volumprozenten 1	Stickstoff . . .	55,35	54,77	52,57	50,95	55,49	60,46	58,28	56,75	58,05
	Kohlensäure . .	7,77	9,42	9,41	9,10	12,43	10,83	8,19	10,07	—
	Kohlenoxydgas	25,97	20,24	23,16	19,32	18,77	19,48	26,97	25,10	37,43
	Sumpfgas . . .	3,75	8,23	4,58	6,64	4,31	4,40	1,64	2,33	—
	Wasserstoff . .	6,73	6,49	9,33	12,42	7,62	4,83	4,92	5,65	3,18
	Ölbildendes Gas	0,43	0,85	0,95	1,57	1,38	—	—	—	—
	Cyan	—	—	—	—	—	—	Spur	Spur	1,34
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Auf 100 Vol. Stickstoff 2	Kohlensäure . .	14,0	17,2	17,9	17,8	22,4	17,9	14,0	17,7	—
	Kohlenoxyd . .	47,0	37,0	44,0	37,9	33,9	32,2	46,3	44,4	64,4
3	Kohlenstoff . .	30,5	27,1	30,9	27,8	28,1	25,0	30,1	31,0	32,2
	Sauerstoff . . .	37,5	35,7	39,9	36,7	39,3	34,0	37,1	39,9	32,2
4	Sauerstoffüberschuſs . . .	11,0	9,2	13,4	10,2	12,8	7,5	10,6	13,4	5,7

Das Auffangen der Gase geschah in ähnlicher Weise wie zu Veckerhagen. Auch hier wendete Bunsen die eudiometrische Methode an, nachdem er und Playfair durch eine genaue Vergleichung nachgewiesen hatten, daſs dieselbe zuverlässiger sei als die Bestimmung nach Gewicht.

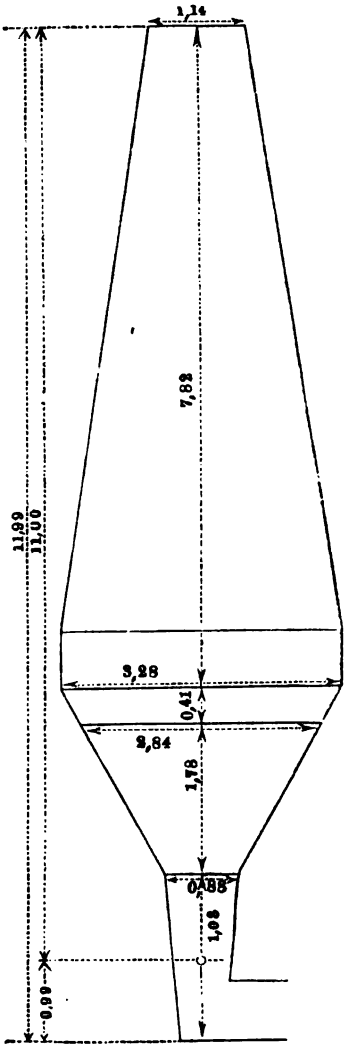
Betrachtet man die vorstehenden Analysen, so scheinen dieselben von denen von Veckerhagen sehr abzuweichen. Dies ist aber nur dadurch der Fall, daſs hier die Destillationsprodukte der Steinkohlen mit ins Spiel kommen. Die Destillation der Steinkohlen geht bis über die Tiefe von 7,31 m herab, ist aber am stärksten in einer Tiefe von 4,27 m, weil das Gasgemenge hier das Maximum von ölbildendem

[1]) Report of the British Association 1846, p. 170 und Wedding, a. a. O., S. 233. Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1848.

Digitized by Google

und Sumpfgas, sowie Wasserstoffgas zeigt. Die Teerdämpfe, die noch bis zu einer Tiefe von 5,18 m wahrnehmbar waren, zersetzten sich beim Durchgang durch die darüberliegenden rotglühenden Kohlen. Ähnlich verhalten sich die Wasserdämpfe.

Fig. 123.



Bunsen und Playfair ziehen aus ihren Analysen den Schlufs, dafs bei den mit Steinkohlen und heifsem Winde betriebenen Hochöfen die Reduktion des Erzes und die Abscheidung der Kohlensäure aus dem Kalkstein erst in der Rast des Ofens vor sich gehe. Bemerkenswert ist ferner, dafs die nur 0,64 m über der Form entnommenen Gase schon keine Spur von Kohlensäure mehr zeigen.

Sehr wichtig war der Nachweis von Cyan in dem Gestell des Hochofens. Schon 1826 hatte Desfosses nachgewiesen, dafs Cyankalium sich bildet, wenn Stickstoff durch rotglühende Holzkohle geleitet wird. John Dawes hatte 1835 ein Patent genommen, in welchem die Gewinnung von Cyankalium aus Eisenhochöfen enthalten war. Besonders auffallend war diese Cyankaliumbildung im Gestell der Hochöfen seit der Einführung des heifsen Windes und des Steinkohlenbetriebes bemerkbar geworden.

1842 fanden Zinken und Bromeis Cyankalium im Gestell des ausgeblasenen Hochofens zu Mägdesprung. Redtenbacher sammelte 1843 Cyankalium in einem Lichtloch in der Brust des Hochofens von Mariazell. Bunsen und Playfair wiesen nach, dafs die Cyankaliumbildung im Gestell des Hochofens von Alfreton ganz bedeutend war. Nach ihrer Ansicht ist das Cyankalium ein nicht unwichtiges Reduktionsmittel beim Hochofenprozefs. Doch scheint seine Menge zu gering zu sein, um grofse Wirkung auszuüben.

Digitized by Google

Der Hochofenprozefs.

Die oben angeführten Untersuchungen der Hochofengase führten zu einem genaueren und richtigeren Verständnis des Hochofenprozesses. Die Analysen der Gase vor der Form und im Gestell bewiesen, dafs zwar in dem Verbrennungsfokus vor der Form die Kohle zu Kohlensäure verbrennt, aufserhalb desselben aber zu Kohlenoxydgas, und dafs auch die vor der Form gebildete Kohlensäure beim Aufsteigen in sehr kurzer Entfernung durch die Berührung mit glühenden Kohlen wieder zu Kohlenoxyd reduziert wird, so dafs in einer Entfernung von 0,30 bis 0,40 m nur Kohlenoxyd in den Verbrennungsgasen enthalten ist. In diesem verhältnismäfsig kleinen Raume vor der Form vollzieht sich die Verbrennung und die Wärmeentwickelung, und die hier konzentrierte Hitze bewirkt die Schmelzung. Schon Bunsen hatte die Ansicht ausgesprochen, dafs der durch das Gebläse in den Ofen eingeführte Sauerstoff fast unmittelbar über der Form schon nur als im Kohlenoxydgas gebunden erscheint. Ebelman hatte aber durch seine Untersuchungen der Gase vor und über der Form den Beweis dafür erbracht. Im Fokus, wo die Kohle zu Kohlensäure verbrennt, herrscht das Maximum der Hitze. Ebelman wies nach, dafs dieser Raum der höchsten Hitze sehr klein ist, weil sich sofort die gebildete Kohlensäure in Berührung mit Kohle zu Kohlenoxyd reduziert, wodurch eine grofse Abkühlung eintritt. Nach Dulongs Versuchen entwickelten 2 Liter atmosphärischen Sauerstoffs, indem sie 2 Liter Kohlensäure erzeugten, eine Temperatur von 2232°, während sie bei der Erzeugung von 4 Liter Kohlenoxyd nur 780° C. hervorbrachten. Dem entsprechend fände mit der Reduktion eine gleichzeitige Temperaturerniedrigung von 2232° C. auf 780° C. statt.

Die zweite Quelle der Abkühlung im Hochofen ist die Reduktion der Erze, d. h. der Übergang des Sauerstoffs vom Eisenoxyd an die Kohle und das Kohlenoxyd, weil 1 Liter Sauerstoff mit 1 Liter Kohlenstoff nur 1598 Wärmeeinheiten erzeugt, während 6216 Wärmeeinheiten erforderlich sind, die gleiche Menge Sauerstoff vom Eisen zu trennen.

Von der Hülle des Fokus an bis zu dem Anfang der Rast erleidet der Gasstrom, nach Ebelman, keine bemerkbare Veränderung und ist durch die Abwesenheit der Kohlensäure charakterisiert. Von hier an beginnt die Kohlensäure wieder zu erscheinen und nimmt zu

Digitized by Google

bis etwa zur Mitte der Rast, von wo ab sie bis zur Gicht konstant bleibt. Gleichzeitig mit ihrer Zunahme findet eine Verminderung des Kohlenoxydes statt.

In diesem Teile des Ofens findet nämlich die Reduktion des Eisenoxydes der Erze statt, doch wird dieselbe nur zu $^5/_6$ in dem unteren Teile des Schachtes bewirkt, das letzte Sechstel reduziert sich erst in der Rast, im Obergestell und selbst im Untergestell. Im Schachte soll diese Reduktion nach Ebelmans Ansicht nur durch das Kohlenoxydgas bewirkt werden, während es in den tieferen Regionen auch durch unmittelbare Berührung mit Kohlen geschehen soll. Für die Reduktion in den unteren Teilen des Ofens spricht der Umstand, dafs der Sauerstoffgehalt der dort entnommenen Gase gröfser ist, als dem Verhältnis zum Stickstoff in der atmosphärischen Luft entspricht. Indessen haben die Gasanalysen ergeben, dafs die an einem Punkte abgezogenen Gase nicht der mittleren Zusammensetzung der Gase der gleichen Höhenschicht entsprechen, indem der chemische Prozefs an den Wänden anders verläuft als in der Mitte, überhaupt aber die Zusammensetzung der von einem im Verhältnis zum Querschnitt so kleinen Raume abgefangenen Gase von vielen lokalen Prozessen beeinflufst sein kann.

Die Kohlung des Eisens erfolgt nach Beendigung der Reduktion in dem unteren Teile des Ofens, hauptsächlich in der Rast. Der Schmelzpunkt befindet sich in kurzer Entfernung, 3 bis 4 cm, vor der Form. Das Brennen des Kalksteins erfolgt im unteren Teile des Schachtes. Der Wasserstoff in dem unteren Teile des Hochofens ist aus der Zersetzung des mit dem Winde eingeblasenen Wasserdampfes entstanden; in den höheren Regionen kann er aus den Erzen stammen, wie der Kohlenwasserstoff aus dem Brennmaterial stammt. Der Wasserstoff übt im Hochofen keine Wirkung aus und findet sich unverändert in den Gichtgasen. Der Kohlenwasserstoff kann, wie Bunsen nachgewiesen hat, nicht durch die Zersetzung von Wasser durch glühende Kohlen gebildet worden sein.

Der Vorgang in den Kokshochöfen war ganz derselbe wie in den Holzkohlenhochöfen, nur vollzogen sich bei jenen nach Ebelmans Ansicht die verschiedenen chemischen Vorgänge wegen der stärkeren Hitze schneller und in höheren Regionen. Nach seiner Ansicht gehen bei den Kokshochöfen die Reduktion der Erze und das Brennen des Kalksteins zum Teil schon in dem oberen Teile des Schachtes vor sich. Die Kohlung beginnt da, wo die Reduktion beendet ist, bei den Holzkohlenöfen also erst in dem unteren Teile der Rast. In dem ganzen

Digitized by Google

Raume vom Kohlensack bis zur Schmelzzone, welche höchstens bis 0,50 m über der Form liege, solle sich nur Cementstahl bilden, weil die Temperatur in diesem Teile nicht über 900° C. betrage. Die Schlackenbildung beginne gleichzeitig mit der Bildung des Kohleneisens, und zwar bilde sich erst ein Eisenoxydulsilikat, welches aber durch die Kohle und den reduzierenden Gasstrom reduziert und durch den Kalk zerlegt werde. Zwischen der fortschreitenden Bildung des Kohleneisens und der Reduktion der Schlacke bestehe ein konstantes Verhältnis; denn in demselben Verhältnis, in dem die Kohlung und Ausscheidung des metallischen Eisens vorwärts schreite, nähme der Eisengehalt der Schlacke ab. Wenn der vollkommenen Ausscheidung des metallischen Eisens kein Hindernis entgegentritt und die Temperatur im Schmelzraum hoch ist, so bildet sich graues Eisen. Der kleine Teil, der beim Niedergange vor der Form in Weifseisen übergeführt wird, verschwindet in der grofsen Masse von grauem Eisen im Gestell. Dafs aber dieser Feinprozefs vor der Form eintritt, zeigte ein Versuch, indem man vor der Form niederfallende Eisentropfen mit einem unter dem Tümpel eingeführten Löffel auffing. Das so aufgefangene Eisen war weifs oder halbiert, während das abgestochene Eisen grau war.

Von gröfster Wichtigkeit für das Verständnis des Hochofenprozesses ist die Kenntnis der Temperaturen in den verschiedenen Höhen. Ebelman gebührt das Verdienst, die ersten hierauf bezüglichen Messungen vorgenommen zu haben, und zwar that er dies in denselben Hochöfen von Audincourt und Pont l'Evêque, deren Gase er auch analysierte.

Er fand bei dem Hochofen von Audincourt, der 11 m hoch war, die Temperatur an der Gicht bei gefülltem Ofen geringer als den Schmelzpunkt des Schwefels, also geringer als 112°. Bei niedergehender Beschickung schmolz Schwefel, Zinn aber noch nicht, also lag die Temperatur zwischen 112 und 200°. Im Schacht, 8,04 m unter der Gicht und 0,63 m über dem Kohlensack, schmolz Silber, Kupfer aber nicht, die Hitze war demnach zwischen 1023 und 1173° C.

0,90 m über der Form schmolz Kupfer nach 20 Minuten, während Eisen beinahe weifsglühend geworden war. Vor der Form schmolz Schmiedeeisen fast sofort, eine Stange von 2 cm Durchmesser auf 0,25 m Länge innerhalb $^1/_2$ Minute. Ebenso schmolz Porzellan fast augenblicklich, hier betrug die Hitze also 1900 bis 2100° C. (nach Pouillet nur 1600°).

Der Kokshochofen von Pont l'Evêque, der ebenfalls 11 m hoch

Digitized by Google

war, zeigte an der Gicht zwischen Zinn- und Bleischmelzhitze, also zwischen 230 bis 334° bei gefülltem Ofen. Bei gesunkener Gicht schmolz Blei und Zink, Antimon aber noch nicht, die Temperatur lag also zwischen 411 und 512°. Im Kohlensack, der 7,15 m unter der Gicht lag, schmolz Kupfer in 15 Minuten; die Hitze betrug über 1173°. 0,67 m über der Form schmolz Gold und Kupfer leicht, dagegen Schmiedeeisen und Porzellan nicht. 0,29 m über der Form schmolz ein runder Eisenstab von 9 mm Durchmesser schon vor Ablauf von $1^1/_2$ Minuten auf eine Länge von 0,20 m vollständig. Vor der Form schmolz der gleiche Stab in weniger als $^1/_2$ Minute auf 0,31 m Länge und Porzellan fast sogleich.

Der Hochofen von Pont l'Evêque war also viel heifser, was Ebelman der gröfseren Menge Brennstoff, welche auf die gleiche Menge Beschickung verbrannt wurde, zuschreibt. Es verbrannten nämlich auf 100 Tle. Eisen 90 bis 135 Tle. Kohlenstoff bei Holzkohlenbetrieb, dagegen 170 bis 242 Tle. Kohlenstoff bei Koksbetrieb. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dafs der Ofen von Audincourt mit kaltem, der von Pont l'Evêque dagegen mit heifsem Winde betrieben wurde.

Dafs die Hochofengase an der Gicht des Ofens von Pont l'Evêque so heifs waren, ist nicht normal und deutet auf einen schlechten Ofengang.

Ebelman hat ferner den Wärmeeffekt berechnet, welcher bei der Reduktion des Eisenoxyds zu metallischem Eisen in Betracht kommt [1]). Nach Dulong entwickelt 1 Liter Sauerstoff, indem es mit Eisen verbrennt, 6216 Wärmeeinheiten. Diese Wärmemenge mufs bei der Reduktion des Eisens wieder verschwinden. Findet die Reduktion durch Kohlenoxyd statt, so findet eine Wärmeverminderung nicht statt, weil 1 Liter Sauerstoff mit 2 Liter Kohlenoxydgas 6260 Wärmeeinheiten erzeugt, welches den Wärmeverlust ausgleicht. In der eigentlichen Reduktionszone vollzieht sich die Reduktion der Erze in dieser Weise, was auch dadurch bestätigt wird, dafs die Wärmeabnahme vom Gestell bis zur Gicht eine gleichmäfsige und im Reduktionsraum keine stärkere ist.

Anders verhält es sich in dem unteren Teile des Hochofens, wo die Reduktion wenigstens zum Teil durch Kohle unter Bildung von Kohlenoxydgas bewirkt wird. Da hierbei durch die Verbindung von 1 Liter Sauerstoff mit 1 Liter Kohlenstoffdampf zu 2 Liter Kohlenoxydgas nur 1598 Wärmeeinheiten entwickelt werden, so findet hier

---

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, XX, 432.

Digitized by Google

ein Verlust von 4618 Wärmeeinheiten statt. Der Kohlenstoffverbrauch ist hierbei der doppelte als in dem anderen Falle. Vollzöge sich die Reduktion des Eisenoxyds im Reduktionsraum in derselben Weise, so müfste der Kohlenverbrauch bei dem Ofen von Clerval nach Ebelmans Berechnung um 95 Proz. höher sein, als er ist. Also ist auch hierdurch bewiesen, dafs im Reduktionsraume Kohlenoxydgas das Reduktionsmittel ist.

Wenn die Reduktion der in dem Oxydationsraume vor der Form gebildeten Kohlensäure durch metallisches Eisen stattfindet, so gleichen sich nach Ebelmans Berechnung Wärmeverlust und Wärmeerzeugung aus; wenn sie dagegen durch Kohle stattfindet, tritt eine Temperaturerniedrigung von 2300 auf 900° ein. Es ist einleuchtend, dafs, je mehr Eisen verbrennt, je weniger Kohlenoxydgas gebildet werden kann, da ein Teil des Sauerstoffs ja gebunden wird. Tritt der Fall ein, dafs viel Eisen vor der Form verbrennt, so werden die aufsteigenden Gase durch die entwickelte Hitze heifser, die Schachttemperatur erhöht sich, die Reduktion wird mehr nach oben gerückt, im Gestell aber tritt eine Abkühlung ein, indem der Kohlenstoff des Eisens auf das gebildete Eisenoxyd oder Silikat reduzierend einwirkt, wodurch Wärme gebunden wird. Infolgedessen wird das Roheisen weifs und matt. Es treten die Zustände ein, die man beim Rohgang und dem sogenannten Oberfeuer beobachtet.

Durch die Gasanalysen ist noch deutlicher nachgewiesen worden, dafs der Wasserdampf, der mit dem Winde in den Ofen gelangt, nur nachteilig für den Ofengang ist, indem das Wasser durch seine Zersetzung eine grofse Menge Wärme bindet, während der frei gewordene Sauerstoff, der sich mit Kohlenstoff verbindet, eine viel geringere Wärmemenge erzeugt. Bunsen hat auf dieses Verhältnis nachdrücklich hingewiesen, und sind denn auch seit der Zeit die Wasserregulatoren gänzlich aufser Gebrauch gekommen. Wie grofs diese Wärmeentziehung ist, hat Scheerer an einem Beispiel durch Rechnung nachgewiesen. Während aschenfreie Holzkohle in trockener Luft mit 2458° C. verbrennt, könnte dieselbe Holzkohle mit einer Luft, welche 21 Gewichtsprozente Wasserdampf enthielte, nur 824° C. Wärme entwickeln.

Das augenfälligste Resultat der vielseitigen Untersuchungen über die Hochofengase war der Nachweis, dafs nur der kleinere Teil des Brennstoffes im Hochofen zur Wirkung kommt, der gröfsere Teil in den entweichenden Gasen noch enthalten ist. Nach Bunsens Berechnung beträgt der bei dem Steinkohlenhochofen von Alfreton im

Digitized by Google

Ofen zur Verwendung kommende Anteil nur etwa 14 Proz.; nach der niedrigsten Schätzung entwichen 81,54 Proz. des Brennmaterials aus der Gicht des Hochofens. Die Gichtgase des Alfretonofens erzeugten bei der Verbrennung eine Temperatur von 1695° C., welche durch erhitzten Wind leicht bis zu 2000° C. gesteigert werden konnte.

Die Gasfeuerung 1831 bis 1850.

Diese Ergebnisse vergrößerten die Erwartungen, welche man sich schon vorher von der Bedeutung der Hochofengase als Brennmaterial gemacht hatte. Man glaubte sie zu allen Prozessen verwenden zu können, namentlich auch in Flammöfen für den Puddelprozeß. Die sämtlichen Untersuchungen von Bunsen, Ebelman, Heyne und Scheerer waren von der praktischen Forderung, den Brennwert der Hochofengase zu untersuchen, ausgegangen. Bunsen hatte zwar schon darauf hingewiesen, daß die Hochofengase, mit kalter Luft verbrannt, nur eine niedrige Temperatur entwickeln und daß die Hitze, um Roheisen zu schmelzen, nur erreicht werde, wenn man die heißen Gase mit erhitzter Luft verbrenne. Indessen war der Glaube an die Verwendbarkeit der Hochofengase auch zu solchen Prozessen, die hohe Temperaturen erforderten, gegen Ende der 30er Jahre ein allgemein verbreiteter geworden. Faber du Faur war es nach jahrelang fortgesetzten Versuchen gelungen, die Gichtgase so abzuleiten und so zu verbrennen, daß er sie zum Schmelzen und zum Frischen des Eisens, sowie zum Ausschweißen des gefrischten Eisens in Flammöfen benutzen konnte. Er veröffentlichte sein Verfahren nicht, sondern bot es gegen eine Vergütung von 4000 Thlr. den Eisenwerksbesitzern an. Soviel darüber bekannt geworden ist, leitete er die Gase an einem tieferen Punkte im Schachte ab, wo sie noch unvermischt und am reichsten an Kohlenoxydgas waren, und verbrannte sie mit erhitzter Gebläseluft; es geschah dies in 0,31, also fast in $^1/_3$ der Höhe.

Leider sind auch über diese wichtigen Versuche Faber du Faurs nur sehr spärliche Nachrichten vorhanden. Das Meiste darüber findet sich in einem Aufsatze von Delesse[1]). Die Versuche begannen 1837, wie aus einer von Faber du Faur verfaßten Zusammenstellung von 1837 bis 1840 hervorgeht. Aus amtlichen Berichten an die oberste Bergbehörde ist folgendes zu entnehmen:

[1]) Sur le nouveau procédé de fabrication du fer en moyen du gaz des hauts-fourneaux, employé à Wasseralfingen et dans quelques usines de l'Allemagne par Achille Delesse. Ann. des mines 1842, 4. Serie, I, 433.

Digitized by Google

Am 5. Juli 1839 verlangt Faber Arbeiter für einen in 14 Tagen in Betrieb kommenden Puddelofen mit Hochofengasen.

Am 23. November 1839 berichtet er: „Der in Wasseralfingen auf die Hüttensohle gestellte und mit Hochofengas betriebene Puddelofen ist nun seit dem 18. d. Mts. in unausgesetztem Gange und gab in Beziehung auf den erreichten Hitzegrad die befriedigendsten Resultate. Es hat sich namentlich die mit der langen Leitung verbundene grofse Abkühlung der Gase nicht nur nicht nachteilig, sondern sogar vorteilhafter gezeigt, als bei Verwendung der Gase auf dem Gichtboden (wo der zuerst aufgestellte Gasofen zum Weifsmachen des Roheisens stand). Die Fassung des Gases geschieht bei dem auf der Hüttensohle stehenden Puddelofen mittels einer horizontal in der Tiefe von 10 Fufs unter der Gicht an den Kernschacht durch den Ofenmantel und aufserhalb des Hochofens senkrecht auf die Hüttensohle geführten gufseisernen Röhre von 13 Zoll und 10 Zoll Lichtweite. Um zu verhindern, dafs sich bei dem Niedergange der Gichten die Ofenfüllung nicht in die Mündung der Röhre drückt, ist sie hier mit einer nur nach unten offenen Grube versehen, die am zweckmäfsigsten aus sehr starkem Eisenblech gefertigt und durch dicke Eisenstäbe verstärkt wird."

Der wichtigste Teil der Erfindung Fabers bei seinen Gasöfen bestand in der rationellen Art der Luftzuführung und der Verbrennung. Hierauf wie auf die Ableitung der Gase werden wir später noch zurückkommen.

Es wurde bereits früher erwähnt, dafs der Franzose Viktor Sire bereits am 31. Oktober 1836 ein französisches Patent auf 15 Jahre für ein vollständiges Fabrikationssystem zur Darstellung des Eisens mittels der Hochofengase erhalten hatte. Er liefs aber dieses Patent verfallen. Ebelman bemühte sich später, auf Grund dieses Patentes Sire die Priorität der Erfindung zu vindizieren [1]). Dies gelang ihm aber nicht, indem selbst der Franzose Delesse sehr energisch für das Verdienst Faber du Faurs als ersten Erfinder eintrat.

Bunsen, der kein grofses Vertrauen zu der Verwendung der Hochofengase zum Umschmelzen des Roheisens hatte, riet, die abgefangenen Gase in die Gufsflammöfen zu leiten und sie darin zugleich mit dem üblichen Brennmaterial zu verbrennen. „Eine geringe Menge des letzteren", sagt er, „wird in diesem Falle hinreichen, um den Gasen die zum Einschmelzen nötige Temperatur wieder zu erteilen, wenn sie solche bei ihrer Fortleitung verloren."

---

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, II, 371.

Digitized by Google

Ein anderer Vorschlag, der damals wiederholt gemacht und auch ausgeführt wurde, war der, die Gase wieder in den Hochofen zurückzuleiten, um sie im Gestell zu verbrennen. Die Verkehrtheit dieses circulus vitiosus hat Karsten[1]) klar auseinandergesetzt. Die in das Gestell geleiteten Gichtgase müssen dasselbe dort mehr abkühlen als erhitzen, trotz teilweiser Verbrennung.

Dagegen wies 1841 Karsten ebenso wie Bunsen schon 1839 auf die grofsen Vorteile hin, welche die Gichtgase da gewähren, wo es sich nicht um hohe Hitzegrade, sondern um freie Flammenentfaltung, wie dies namentlich bei der Dampfkesselfeuerung der Fall ist, handelt, wobei er noch mit Recht darauf hindeutete, dafs die bis jetzt in Anwendung gekommenen Vorrichtungen hierfür, ebenso wie für die Winderhitzung, nur als unvollkommene Versuche anzusehen seien, weil dabei die unmittelbar aus der Gicht strömenden Gase mit einem nur geringen Effekt verbrannt und benutzt würden, im Vergleich mit dem, den sie bei richtiger Ableitung und Verbrennung mit heifser Luft zu gewähren im stande seien. — Das Verhältnis der brennbaren Ofengase zu der erhitzten atmosphärischen Luft werde dabei notwendig in jedem einzelnen Falle genau bestimmt werden müssen.

„Übrigens liegt die Betrachtung sehr nahe", sagt Karsten zum Schlufs, „dafs nicht allein die Ofengase in der Folge zu den Schmelz- und Heizoperationen allgemeiner werden in Anwendung gebracht werden müssen, sondern, dafs es auch vorteilhaft sein wird, Kohlenoxydgas aus dem Brennmaterial, wenigstens aus solchem, welches seiner chemischen Konstitution, oder seines Aggregatzustandes wegen zur Flammenfeuerung wenig geeignet ist, absichtlich deshalb darzustellen, um es als Brennmaterial zu benutzen."

Diese treffenden 1841 veröffentlichten Worte sind das Programm des nächsten Jahrzehnts geworden. Man hatte durch die mannigfaltige Verwendung der Hochofengase die grofsen Vorzüge des gasartigen Brennmaterials kennen gelernt und wollte nicht von demselben lassen, obgleich sich die Hitze der Hochofengase zum Schmelzen, Frischen und Schweifsen als ungenügend erwies. Um so mehr bewährte sich hierfür das heizkräftigere künstlich erzeugte Gas. Dazu kam der grofse Vorteil, dafs sich zur Gaserzeugung für hüttenmännische Zwecke, zur Herstellung der „Generatorgase", Brennmaterialien verwenden liefsen, welche sonst zu metallurgischen Prozessen kaum geeignet waren.

---

[1]) Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, §. 707.

Digitized by Google

Generatorgas 1831 bis 1850.

Die künstliche Erzeugung von Heizgas (Generatorgas) für metallurgische Zwecke wurde veranlafst durch die Verwendung der Hochofengase von Faber du Faur. Wenn er auch vielleicht nicht der erste war, der Generatorgase anwendete, was zwar wahrscheinlich, aber nicht erwiesen ist, da darüber sichere Nachrichten nicht vorliegen, so gab doch seine Verwendung der Hochofengase zum Weifsen und Puddeln des Eisens in Flammöfen hierzu den Anstofs. Faber du Faurs Gasöfen mit Hochofengasfeuerung hatten grofses Aufsehen in ganz Europa erregt. Man überschätzte ihre Bedeutung und ihren Wert; aber gerade ihre Mängel führten zur Benutzung künstlich erzeugter Gase.

Karsten hatte dies in seiner Eisenhüttenkunde 1841, wie oben angeführt, bestimmt vorausgesagt. An einer anderen Stelle, wo er von Faber du Faurs Verwendung der Hochofengase zum Weifsen, sowie zum Raffinieren und Schweifsen des Luppeneisens in den Schweifsöfen spricht [1]), wiederholt er seine Ansicht über die Zweckmäfsigkeit der Heizgaserzeugung aus minderwertigem Brennmaterial und fügt hinzu: „Es ist sogar sehr wahrscheinlich, dafs dies Gas bessere Dienste leisten wird, als die Hochofengase, die nicht allein mehr Wasserdämpfe, sondern auch mehr Kohlensäure enthalten ... Überhaupt gewährt die Anwendung des Kohlenoxydgases zur Flammofenfrischarbeit so grofse Vorteile und trägt zur Verminderung des Eisenverlustes, sowie zur Verbesserung der Beschaffenheit des Eisens so wesentlich bei, dafs man sich bald nicht mehr auf die immer nur zufällige Benutzung des aus den Hochöfen zu entnehmenden Kohlenoxydgases beschränken, sondern ganz allgemein den Frischprozefs durch absichtlich erzeugtes Kohlenoxydgas einführen wird."

Ebenso wie Karsten durch Faber du Faurs Versuche und Erfolge zu diesen Schlüssen geführt wurde, ebenso, nur noch unmittelbarer, wurde der Kaiserl. österreichische dirigierende Bergrat und Oberbergamtsdirektor, Karl von Scheuchenstuel, dadurch zu der erfolgreichen Verwendung von Generatorgasen für metallurgische Zwecke geführt. P. Tunner sagt hierüber in einem wichtigen Aufsatz „Über die unter Scheuchenstuels Leitung zu St. Stephan in Steiermark vorgenommenen Eisenfrischversuche mit alleiniger Be-

[1]) A. a. O., §. 977.

Digitized by Google

nutzung des rohen Braunkohlenkleins“ [1]): „Wie von Scheuchenstuel in betreff des geschichtlichen Teiles dieser Versuche geäufsert hat, dafs ihn die glänzenden Erfolge in der Benutzung der Hochofengase, womit der königl. württemb. Bergrat Faber du Faur das montanistische Publikum überraschte, bald nach deren Bekanntwerdung auf die Idee geleitet habe, in ähnlicher Weise auch jenen reinen Brennstoff zur Anwendung zu bringen, der bisher unter dem Namen Holzkohlenlösche auf den meisten Eisenhütten in beträchtlicher Menge der wilden Flut oder anderer nicht viel besserer Verwendung preisgegeben wird.“ Dieses Bestreben erhielt neues Leben, als von Scheuchenstuel im Frühjahr 1841 von seinem Besuche zu Wasseralfingen zurückkehrte; unmittelbar darauf begann er seine praktischen Versuche. In demselben Jahre fing man auch auf der Königshütte in Schlesien an, ähnliche Versuche anzustellen, es geschah dies vermutlich auf Karstens Anregung hin.

Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dafs sich schon am 10. Juli 1838 William Barnett in England ein Patent erwirkt hatte für die Anwendung von Kohlenwasserstoffgas oder Kohlenteer, oder beides, um mit Luft gemischt in Hochöfen oder Flammöfen, wo Erze und Metalle geschmolzen oder verarbeitet und ausgeschmiedet werden, Hitze zu erzeugen und Brennmaterial zu ersparen. Er wollte das Gas entweder schon in den Windregulator einleiten oder durch die Form den Öfen zuführen, wobei getrennte Gas- und Winddüsen in dieselbe münden sollen. Ob das Patent irgend welche Anwendung gefunden hat, ist unbekannt. Es bezieht sich auch nicht auf die Erzeugung von Generatorgas. Näher kommt dieser Frage eine Mitteilung von Moses Poole an das Patentamt vom 26. Juni 1841, wonach Kohlenoxydgas an Stelle von festem Brennmaterial bei der Eisenbereitung und an deren metallurgischen Operationen in Gebläseöfen verwendet werden könnte. Das Kohlenoxydgas sollte von den Hochöfen abgefangen und genau in der Weise Faber du Faurs benutzt werden. Zum Schlufs wird gesagt: Ebenso kann Kohlenoxydgas, welches auf andere Weise erzeugt worden ist, in Schmelz-, Raffinier-, Puddel- oder Schweifsöfen geführt werden.

Trotz dieser englischen Patente ist die Darstellung und Verwendung der Generatorgase zuerst in Deutschland in die Praxis eingeführt worden und kann deshalb mit vollem Recht als eine deutsche Erfindung bezeichnet werden. Die Männer, die sich in

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch II, 1842, S. 257.

Digitized by Google

Deutschland besondere Verdienste um deren praktische Ausführung erworben haben, waren Faber du Faur, von Scheuchensteul, Eck zu Königshütte und Bischof zu Mägdesprung. Letzterer soll schon 1839 einen Gasentwickelungsofen entworfen und denselben Karsten, Mitscherlich, Rammelsberg u. A. vorgelegt haben. In den folgenden Jahren machte er Versuche damit zu Lauchhammer, auf die wir später zurückkommen, und sandte darüber an Page zu Audincourt eine Mitteilung, welche zu den Experimenten Ebelmans 1842 Veranlassung gegeben haben soll [1]).

Auf von Scheuchenstuels Veranlassung wurde 1841 zu Jenbach in Tirol und zu Werfen in Salzburg versucht, Holzkohlenlösche zur Generatorgaserzeugung zu verwenden. Vor Vollendung dieser Versuche wurde von Scheuchenstuel nach Steiermark versetzt. Er erhielt aber von der obersten Bergbehörde den ausdrücklichen Auftrag, seine wichtige Arbeit fortzusetzen, nur verwendete er hier statt Kohlenklein die rohe Braunkohle von Fohnsdorf, Leoben, Wartberg u. a. O. Die Versuche führte von Scheuchenstuel in Gemeinschaft mit dem Hüttenverweser Wagner auf dem Kaiserl. Königl. Eisengufswerk zu St. Stephan aus. Der Gaserzeugungsofen war ein gewöhnlicher Schachtofen, dessen Profil einem Flossenofen ähnlich war. Künstlicher Wind strömte durch 380 $^3/_4$ Zoll weite Öffnungen, welche in einem Ring um den unteren Teil des Ofens verteilt waren, ein. Die Verbrennung geschah mit erhitzter Luft, welche durch eine Anzahl paralleler, dünner Röhren oder Düsen eingeblasen wurde. Nach einigen mifslungenen Versuchen erreichte man eine gleichmäfsige und reichliche Entwickelung von Gas, mit dem das Verpuddeln des Roheisens im Flammofen nach Wunsch verlief. Damit war der Beweis erbracht, dafs man die rohe Braunkohlenlösche vom Fohndorfer Flötz, welche bisher als eine unnütze Last bei dem Kohlenabbau angesehen worden war, sehr gut zur Gaserzeugung und zum Gaspuddeln verwenden könne.

Auf der Königshütte in Schlesien, wo man sich wegen der zinkischen Erze scheute, die Hochofengase zu verwenden, erbaute man unter der Leitung des Hütteninspektors L. Eck einen Flammofen in Verbindung mit einem Gaserzeugungsofen [2]). Dieser war seiner Konstruktion nach eine Art Sefströmofen ohne Rast; derselbe bewährte sich sehr gut. Als Material zur Gaserzeugung dienten

---

[1]) Siehe Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik für 1869, S. 51.
[2]) Siehe Karstens Archiv 1843, XVII, 795.

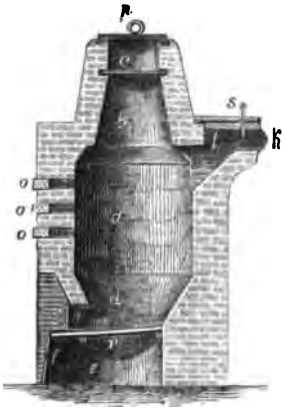
Digitized by Google

Steinkohlen. Man führte nur soviel Wind von niedriger Pressung in den Gaserzeuger ein, dafs der Sauerstoff sich schon im unteren Teile des Ofens vollständig zersetzte, die oberen Schichten der Steinkohlen nur durch die entwickelte Glühhitze ihr Gas abgaben und dann als Koks niederrücken mufsten, um sodann durch den Wind in Kohlenoxydgas umgewandelt zu werden.

Die Verbrennung im Flammofen geschah unter Zuführung von heifsem Winde und ohne Rost. Statt einzelner Düsen diente ein breiter Schlitz in dem Windkasten von Eisenblech. Durch die stechend eintretende Gebläseluft wurde die Flamme stark niedergedrückt. Man verbrauchte zur Gaserzeugung 263 Kbffs. und zur Verbrennung der Gase 327 Kbffs. atmosphärische Luft. Der Flammofen wurde zum Feinen (Weifsen) des Roheisens verwendet. Die neue Heizmethode bewährte sich so gut, dafs Eck im Frühjahr 1844 zwei weitere Raffiniergasflammöfen auf der Königshütte in Betrieb setzte.

In diesem Jahre verwendete Faber du Faur zu Wasseralfingen ebenfalls Generatoröfen, und scheint dies die erste von ihm unternommene Verwendung im grofsen gewesen zu sein. Am 23. März 1844 wurden die ersten Versuche mit einem Generator für Holzkohlenklein (später für Torf) unternommen. Die Gase wurden den Hochofengasen zugeführt, wenn sich letztere infolge von Betriebsstörungen beim Hochofen für den Gasofenbetrieb als unzureichend erwiesen. Sie dienten also nur als Reserve.

Fig. 124.



Hervorragendes Verdienst hat sich auch L. Bischof auf diesem Gebiete erworben. Als Hüttenverwalter in Lauchhammer hatte er bereits 1839 Versuche angestellt, Torfgas zu erzeugen und dies zu hüttenmännischen Zwecken zu verwenden. Er bediente sich eines Entwickelungsofens und erhielt beim Verbrennen des Gases im Flammofen durch Zutritt erhitzter Gebläseluft klare Flammen und höchste Weifshitze [1]). Puddeln und Schweifsen des Eisens gelangen ganz gut. Der Entwickelungsofen ist in Fig. 124 dargestellt. Die Verbrennung geschah darin durch natürlichen Zug, und war die Anwendung eines Gebläses nicht erforderlich, wenn der

[1]) Siehe Karstens Archiv, Bd. 17, S. 801 und Berg- und hüttenmänn. Zeitung 1. Juli 1843.

Digitized by Google

Gasentwickelungsofen tiefer als der Puddlingsofen lag. Die gewonnenen Gase enthielten ungefähr 48 Proz. brennbare Bestandteile. Ein Raumteil Torfgas bedurfte zweier Raumteile heifser Luft zur vollständigen Verbrennung. Trotz des guten Erfolges wurden diese Versuche zu Lauchhammer damals nicht weiter verfolgt, indem man sich der Benutzung der Hochofengase nach Faber du Faurs Methode zuwendete.

Im Winter und Frühling 1843/44 machte L. Bischof, der inzwischen als Herzogl. anhalt. Hüttenmeister nach Mägdesprung versetzt worden war, weitere Versuche auf der Königl. preufs. Eisenspalterei zu Neustadt-Eberswalde und auf der Königl. Giefserei zu Berlin, die von dem glücklichsten Erfolge gekrönt waren [1]).

Nach Bischof unterscheidet sich die Flamme des aus rohen Brennmaterialien erzeugten Gases von der Hochofengasflamme darin, dafs dieselbe eine ungleich höhere Hitze entwickelt und frei von Kieselsäure etc. ist. Es befindet sich in den erzeugten Gasen ein viel gröfserer Brenngasgehalt, aufser dem Kohlenoxydgas noch ca. 15 Proz. Kohlenwasserstoffgas, wovon die Hochofengase kaum 2 bis 3 Proz. enthalten.

Dieses Kohlenwasserstoffgehaltes wegen verlangt das erzeugte Gas bei der Verbrennung mehr Luft, und damit die chemische Verbindung mit dem Sauerstoff derselben vollendet sei, ehe die Flamme in den Herd des Puddlingsofens gelangt, eine stärkere Erhitzung der Luft und eine längere Feuerbrücke. Auf die hüttenmännische Verwendung der Gase kommen wir später zurück.

Ebelman verdankte den Deutschen, speciell Bunsen, Karsten und Bischof, die Anregung zu seinen Untersuchungen über Generatorgase. Bereits im Jahre 1841 hatte er einige Versuche in der Hütte zu Audincourt mit Kohlenlösche unter Anwendung eines Gebläseluft- und Wasserdampfstromes gemacht [2]). Diese ersten Versuche ergaben nach Ebelmans Bericht, dafs man mit schlechten Brennstoffen, wie Sandkohlen, erdigen Kohlen und Anthracit, Gase erzeugen kann, die im stande sind, durch geeignete Verbrennung die höchsten Temperaturen zu entwickeln, welche man bei den Eisenhüttenprozessen nötig hat. Er nahm Victor Sires Patent wieder auf und machte Heizversuche mit Holzkohlengasen in einem Flammofen der Hütte zu Traverary.

---

[1]) Berg- und hüttenmänn. Ztg. Nr. 16 vom 16. April 1844.

[2]) Annales des mines, 3. Serie, XX, 467 und 4. Serie, III, 207.

Digitized by Google

Die französische Generaldirektion der Berg- und Hüttenwerke setzte einen Geldbetrag zur Fortsetzung der Versuche durch Ebelman aus. Dieser prüfte nun systematisch die verschiedenen Brennmaterialien durch; zunächst Kohlenlösche und Quandelkohle. Als Gasgenerator bediente er sich des in Fig. 125 dargestellten Schachtofens von ca. 10 Fuſs Höhe. Er heizte damit einen Flamm-Schweifsofen. Ebelman untersuchte die Zusammensetzung sowohl der Generatorgase als deren Verbrennungsprodukte und stellte dadurch fest, in welcher Weise die Verbrennung derselben vor sich geht. Der Sauerstoff der Luft war in dem Heizgase vollständig im Kohlenoxydgas gebunden, die Temperatur der Gase beim Austritt aus dem Generator betrug etwa 430° C.

Fig. 125.

Eine weitere Versuchsreihe betraf die unter Zuleitung von Luft und Wasserdampf erzeugten Gase. Hierbei trat eine grofse Abkühlung der Gase, welche allerdings mehr Heizkraft hatten, ein. Ebelman ermittelte das günstigste Verhältnis zwischen Luft und Wasser zu 1 : 0,215.

Sodann untersuchte er die aus Holz erzeugten Gase, wobei er auch durch die Analyse der Gase in verschiedener Höhe des Generators die Umstände feststellte, unter welchen die Destillation stattfand.

Ebelman wendete hierauf Torf zur Gaserzeugung an und wies die wesentlich von den Holzgasen abweichende Zusammensetzung des Torfgases, worauf aber auch die ungenügende Höhe des Entwickelungsofens von Einfluſs war, nach. Ferner untersuchte er Gas, welches aus Holz durch Verbrennung mit abwärts gehendem Luftzug erzeugt wurde. Er beschränkte seine Untersuchungen nicht auf die Hochofen- und Generatorgase, sondern analysierte auch die Gase der Kupolöfen und der Frischfeuer. Seine verdienstvollen Arbeiten haben das Verständnis der Heizgase und der metallurgischen Prozesse wesentlich gefördert.

Ebelman veröffentlichte [1]) folgende mittlere Zusammensetzungen der Generatorgase nach Gewichtsprozenten:

---

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, III, 207.

Digitized by Google

	aus Holzkohlen	aus Holz I.	aus Holz II.	aus Torf	aus Koks
Stickstoff . . .	64,9	53,2	55,5	63,1	64,8
Kohlensäure . .	0,8	11,6	22,0	14,0	1,3
Kohlenoxyd . .	34,1	34,5	21,2	22,4	33,8
Wasserstoff . .	0,2	0,7	1,3	0,5	0,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Weiteres über die Heizgase folgt im nächsten Kapitel.

Brennmaterialienlehre 1831 bis 1850.

Die Fortschritte der Physik und Chemie, insbesondere die theoretischen und praktischen Untersuchungen über die Wärme einerseits, und die Analyse der verschiedenen Brennmaterialien der Hochofen- und Generatorgase anderseits hatten der Lehre von den Brennmaterialien eine wissenschaftliche Grundlage gegeben und gröfsere Klarheit auf diesem Gebiete geschaffen, was für den Eisenhüttenmann von allergröfster Bedeutung war.

Man war in dieser Periode zu der Einsicht gekommen, dafs der Wert eines Brennmaterials nicht nur durch seinen absoluten, sondern auch durch seinen pyrometrischen Wärmeeffekt bedingt sei. Die grofse Wirkung der erhitzten Gebläseluft hatte besonders die Aufmerksamkeit auf die praktische Bedeutung der Intensität der Wärme gelenkt. Den absoluten Wärmeeffekt, d. h. die Wärmemenge, welche ein bestimmtes Gewicht eines Brennmaterials giebt, wurde mit dem von Rumford angegebenen Apparat, welcher in der Hauptsache aus einem Verbrennungsapparat und einem Schlangenrohr, durch das die Verbrennungsgase durch Wasser geleitet werden, besteht, gemessen. Man mafs die Wärmezunahme der abgemessenen Wassermenge und berechnete daraus die Zahl der Wärmeeinheiten. Als Wärmeeinheit galt nach Despretz' Vorschlag die Wärmemenge, welche das Einheitsgewicht Wasser um 1° C. erwärmte. Die angestellten Versuche ergaben bei der Verbrennnung von:

1 Gewichtsteil	Wasser	23 600	Wärmeeinheiten,
1 „	reine Kohle	7 800	„ [1])
1 „	Holzkohle	7 500	„
1 „	gute Steinkohle	6 000	„

[1]) Despretz fand 7815 Wärmeeinheiten.

Digitized by Google

1 Gewichtsteil	trockenes Holz	3600	Wärmeeinheiten,
1 „	Holz mit 20 Proz. Feuchtigkeit	2700	„
1 „	Torf	2500—3000	„

Der absolute Wärmeeffekt des Wasserstoffes beträgt demnach das Dreifache von dem des Kohlenstoffes. Da aber der Wasserstoff bei seiner Verbrennung auch die dreifache Menge Sauerstoff im Vergleich mit dem Kohlenstoff verbraucht, so stehen die absoluten Wärmeeffekte des Kohlenstoffes und Wasserstoffes im geraden Verhältnis zu den bei der Verbrennung derselben verbrauchten Sauerstoffmengen. Dieses Gesetz hatte Welter auf alle Brennmaterialien ausgedehnt.

Um den Sauerstoff, der zur Verbrennung nötig ist, auf einfache Art zu bestimmen, hat Berthier ein sehr praktisches Verfahren erfunden [1]). Er vermischt das betreffende Brennmaterial mit Bleiglätte derart, dafs dasselbe vollständig verbrennt auf Kosten des in der Glätte enthaltenen Sauerstoffes. Aus dem Gewicht des sich dabei bildenden Bleikorns berechnet man den verbrauchten Sauerstoff und aus diesem die Brennkraft. Selbstverständlich mufs das Brennmaterial in möglichst fein verteiltem Zustande mit der gepulverten Glätte vermischt werden, auch nimmt man einen Ueberschufs der letzteren, etwa das 20- bis 40fache. 1 Gewichtsteil reiner Kohlenstoff ergiebt einen Bleikönig von 34 Gewichtsteilen. Hiernach ist die Berechnung leicht anzustellen. Sowohl das Weltersche Gesetz als Berthiers Verfahren sind nicht absolut richtig, dennoch ist letzteres zur Vergleichung der Brennwerte ähnlicher Brennmaterialien ein ganz zweckmäfsiges Mittel.

Gäbe es ein gutes, zuverlässiges Pyrometer, so wäre es leicht, den Wärmegrad, welcher bei der Verbrennung eines Brennmaterials entwickelt wird, durch Messung zu bestimmen; da dies aber nicht der Fall, so war man auf den Weg der Rechnung angewiesen. Um diese Rechnung hat Scheerer [2]) sich besonderes Verdienst erworben, indem er geeignete Formeln zur Ermittelung des pyrometrischen Wärmeeffektes entwickelt hat. Er ging dabei von der Thatsache aus, dafs das Verbrennungsprodukt der Träger der sämtlichen durch den Verbrennungsprozefs entwickelten Wärmemenge ist. Der pyrometrische Wärmeeffekt läfst sich berechnen, wenn man den absoluten Wärmeeffekt durch das Produkt des Verbrennungsproduktes und dessen specifischen Wärme dividiert. Da die in Frage kommenden Brenn-

[1]) Berthier, Traite des essais par la voie sèche I, 228.
[2]) Siehe a. a. O., I, 145.

Digitized by Google

materialien meist zusammengesetzte Körper sind, so werden die Formeln dafür verwickelter.

Die Verbrennungswärme fällt natürlich sehr verschieden aus, je nachdem die Verbrennung in reinem Sauerstoff oder, wie in der Praxis, in atmosphärischer Luft vor sich geht. In letzterem Falle vermindert der indifferente Stickstoff, der einen grofsen Teil der entwickelten Wärme aufnimmt, den Hitzegrad. Scheerer teilt hierfür folgende Zahlen mit.

Berechneter pyrometrischer Wärmeeffekt in Grad Celsius bei der Verbrennung von:

	in Sauerstoff	in atmosph. Luft
Kohlenstoff	9873°	2458°
Schwerer Kohlenwasserstoff .	5793°	2090°
Leichter Kohlenwasserstoff .	4800°	1945°
Wasserstoff	3172°	1611°

Wenn diese Zahlen auch nur annähernd richtig sind, so geht doch aus denselben hervor, dafs die Verbrennungstemperatur des Kohlenstoffes mehr wie dreimal so grofs ist, als die des Wasserstoffes. Daraus folgt schon, dafs alle flammbaren Brennmaterialien einen niedrigeren pyrometrischen Wärmeeffekt geben, als die nicht flammbaren. Ferner ist der pyrometrische Wärmeeffekt eines aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzten Brennmaterials um so gröfser, je gröfser der Kohlenstoffgehalt ist. Zur Erhöhung dieser Wirkung tragen deshalb wesentlich die Konzentrirung des Brennstoffes, wie sie beim Verkohlen, Verkoken, Darren und Trocknen erzielt wird, und die Anwendung des heifsen Windes bei.

Nach den oben angeführten Grundsätzen lassen sich die Heizwerte der Brennmaterialien, deren chemische Zusammensetzung bekannt ist, berechnen.

Was nun die einzelnen Brennmaterialien anbetrifft, so sind über dieselben in dieser Periode eine grofse Zahl von Untersuchungen angestellt worden, von denen wir nur die wichtigsten kurz erwähnen können.

Die Holzfaser hatten bekanntlich Gay-Lussac und Thenard zuerst in ihre chemischen Bestandteile zerlegt. Payen hat die Zusammensetzung der Holzsubstanz zu 52,53 Kohlenstoff, 41,78 Sauerstoff und 5,69 Wasserstoff angegeben; das Zellgewebe, welches von der Holzsubstanz angefüllt ist, soll dagegen aus 44 Kohlenstoff und 56 Wasser bestehen[1]). Petersen und Schödler haben 24 ver-

[1]) Siehe Compt. rend. VIII, 51.

Digitized by Google

schiedene Holzarten analysiert [1]). Über die specifischen Gewichte verschiedener Holzgattungen in lufttrockenem Zustande hat Karmarsch Untersuchungen veröffentlicht; ebenso der Amerikaner Bull, Winkler u. A. Schübler und Neuffer haben verschiedene Holzarten im frischgefällten und im lufttrockenen Zustande auf ihre specifischen Gewichte untersucht. Berthiers Ermittelung der Brennkraft verschiedener Hölzer nach seinem Verfahren ergab für lufttrockenes

Eichen- und Weifsbuchenholz	12,5	Blei,	entspr.	2875	Wärmeeinheiten
Rothbuchen- und Erlenholz	13,7	„	„	3151	„
Kiefernholz von Niederbronn	13,7	„	„	3151	„
Fichtenholz von Pontgibaud	14,5	„	„	3335	„

Karsten giebt als einen Erfahrungssatz an, dafs 1 Gewichtsteil Holz bei zweckmäfsiger Feuerungseinrichtung 3 bis $3^1/_2$ Gewichtsteile Wasser unter gewöhnlichen Umständen verdampft. Scheerer teilt als Resultat zahlreicher Ermittelungen mit, dafs der absolute Wärmeeffekt verschiedener, sich aber im gleichen Trockenheitszustande befindender Holzarten annähernd gleich grofs sei und zwar nimmt er den absoluten Wärmeeffekt des lufttrockenen Holzes mit ungefähr 40 Proz. Kohle zu 0,40, den des gedarrten Holzes mit etwa 50 Proz. Kohle zu 0,50 an, wenn man den des Kohlenstoffes = 1 setzt. Aus diesem Satz folgt unmittelbar, dafs der specifische Wärmeeffekt von Holzarten mit gleichem Wassergehalt sich wie das specifische Gewicht derselben verhält.

Den pyrometrischen Wärmeeffekt des lufttrockenen Holzes berechnet Scheerer zu 1770° C. und auf einer anderen Grundlage zu 1500° C. Er nimmt als die richtigste Zahl für lufttrockenes Holz 1750° C., für halbgedarrtes 1850° C., für gedarrtes 1950° C. an.

Brennstoff und Hochofen 1831 bis 1850.

Seit Anfang der 30er Jahre stand die Verwendung des rohen, lufttrockenen Holzes im Hochofen wieder auf der Tagesordnung. Neu war die Idee bekanntlich nicht; 100 Jahre zuvor hatte schon Swedenborg darüber geschrieben. Sie wurde aber von neuem angeregt durch die Erfolge, welche man in Schottland mit roher Steinkohle erzielte. Man schmeichelte sich namentlich in Frankreich eine Zeit lang mit der Hoffnung, durch die Anwendung des rohen Holzes

[1]) Siehe Erdmanns Journ. f. prakt. Chem., VIII, 321; Karsten, a. a. O., §. 479.

Digitized by Google

im Hochofen die Produktionskosten des Roheisens derart herunterdrücken zu können, dafs man nahezu mit den Engländern konkurrenzfähig würde.

In Frankreich begann man 1831 mit diesen Versuchen, nachdem es bekannt geworden war, dafs man in Finnland und Nordamerika mit Erfolg rohes Holz im Hochofen verwendet hatte. In Finnland wurden Sumpferze damit verschmolzen[1]). Über die Erfolge auf den Eisenhütten bei Westpoint und Stockbridge in Nordamerika hatte Chevalier 1831 in den Annales des mines Angaben veröffentlicht. 1833 erschien in derselben Zeitschrift ein Bericht über die von dem Russen Butenieff auf der Hütte von Sambul im Gouvernement Wyborg, 80 Werst von Petersburg, ausgeführten Versuche mit rohem Holz zum Schmelzen der Eisenerze im Hochofen.

Diese verschiedenen Nachrichten erregten grofses Interesse in Frankreich und veranlafsten die Metallurgen Berthier und Combes, die Frage zu studieren.

Der Besitzer des Lauffener Eisenwerkes, Herr Näher, machte 1834 Versuche, einen Teil der Holzkohlen durch rohes Holz zu ersetzen in seinem Hochofen bei Plons, $^1/_2$ Stunde von Sargans im Kanton St. Gallen. Derselbe wurde mit heifsem Winde, der in einem Wasseralfinger Apparat erhitzt wurde, betrieben, doch liefs man die Gichtflamme erst über die Erze streichen, die auf diese Art vorgewärmt wurden, ehe sie in den Ofen kamen. Man erzielte trotzdem noch eine Windtemperatur von 150 bis 200° C.

Der Ofen hatte 6,99 m Höhe und eine Form. Der Wind wurde durch ein Wassertrommelgebläse erzeugt. Das Holz wurde in Stücke von 13 Zoll Länge mit einer Kreissäge geschnitten. Die Stücke Holz wurden vor dem Gebrauch in ein viereckiges Gestell von Eisen an einem Galgen $^1/_2$ Stunde lang in der Gichtflamme aufgehängt. Das Ergebnis war ein sehr günstiges. $^1/_{12}$ Klafter Holz, welches bei der Verkohlung nur 6,83 Kbffs. Holzkohle lieferte, ersetzte 10,40 Kbffs. im Ofen; aufserdem konnte man den Erzsatz um 10 Proz. erhöhen. Die gesamte Ersparnis kam an 25 Proz. Das Eisen war ebensogut wie bei Holzkohlen allein, es war weifsstrahlig und wurde zu Lauffen verfrischt.

Berthier hat sowohl die Erze als auch das Eisen und die Schlacken des Hochofens von Plons analysiert[2]). Nach seinen An-

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., Bd. 45, S. 282, Anmerk.

[2]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, IV, 467.

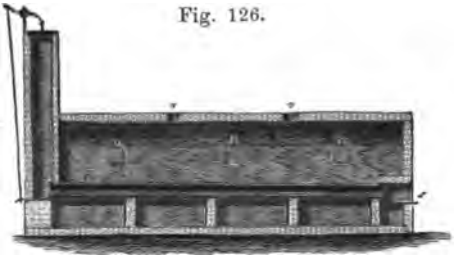
Digitized by Google

gaben ersetzten 100 Gewichtsteile Holz 37 Gewichtsteile Holzkohle, was eine sehr vollkommene Ausnutzung des in dem Holze vorhandenen Brennstoffes beweist. Dasselbe Holz würde bei rascher Verkohlung in Meilern nur etwa 19 Proz. Holzkohle ergeben. Berthier hebt die Wichtigkeit dieser Thatsache für den Hüttenbetrieb hervor.

Infolgedessen wendete man dem Darren des Holzes eine grofse Aufmerksamkeit zu, nicht nur in Frankreich, sondern auch in Belgien, Süddeutschland und Österreich. In Frankreich erlangte das Verfahren namentlich in den Ardennen Verbreitung, und benutzte man dabei die Gichtgase als Heizstoff.

Über das Darren mit Hochofengasen haben wir schon gesprochen. Es geschah dies meist in eisernen Kästen. In Steiermark wendete man dagegen gemauerte Darröfen an. Fig. 126 ist die Abbildung eines von Bergrat Hampe auf dem Hüttenwerke Neuberg errichteten Darrofens. Andere Arten von Holztrockenöfen finden sich in Karstens Eisenhüttenkunde beschrieben und abgebildet.

Fig. 126.



Da die Versuche, stark getrocknetes Holz im Hochofen zu verwenden, viele Übelstände mit sich führten, so kam man nach und nach dazu, das Darren bis fast zur Verkohlung zu steigern. Je nach dem Grade dieser Erhitzung erhielt man gelb- und braungedarrtes Holz und Rotkohle (charbon rouge).

Ein 1835 von Houzeau und Faveau patentiertes Verfahren setzte die Benutzung der Gichtflamme voraus. Das rohe Holz mufste hierbei alle erst auf die Hütte gebracht und dann auf die Ofengicht befördert werden. Dies veranlafste so grofse Transportkosten, dafs das Verfahren unrentabel wurde, namentlich wenn die Rotkohlen an einem anderen Orte verwendet werden sollten. Deshalb schlug Gueymard [1]) vor, die Bereitung der Rotkohlen ganz ähnlich wie die der Schwarzkohlen in Kohlenmeilern im Walde selbst vorzunehmen. Seine Versuche hatten aber keinen guten Erfolg. Gruner empfahl statt der Meilerverkohlung Haufenverkohlung. Sauvage [2]) wendete liegende Meiler an, durch welche er der ganzen Länge nach einen Luftkanal

[1]) Annales des mines, XIII, 483.
[2]) Ebendaselbst XVI, 657.

Digitized by Google

führte. Vor dem Kanal war eine geschlossene Feuerung angebracht, durch welche ein Luftstrom mit einem Ventilator getrieben wurde, der dann in den Luftkanal im Meiler führte. Sauvage erhielt mit seinen acht Versuchsmeilern nur gedarrtes Holz und keine Rotkohle, weil er die Temperatur niedrig halten mufste, damit sich nicht die brennbaren Gase im Innern entzündeten und ein Anbrennen des Holzes verursachten.

Lagoutte de la Croix hatte 1839 in Belgien und 1843 in Österreich ein Patent auf die Verkohlung von Holz, Torf und Steinkohlen mit erhitztem Wasserdampf erhalten, und Scheerer hielt dies für den besten Weg zur Herstellung der Rotkohle.

Die Holzkohle war auf dem europäischen Kontinente immer noch das wichtigste Brennmaterial für die Eisenindustrie. Über den chemischen Vorgang bei der Meilerverkohlung haben Ebelmans[1]) Untersuchungen der während des Prozesses entweichenden Gase Aufklärung verschafft. Scheerer hat den pyrometrischen Wärmeeffekt verschiedener Holzkohlensorten folgendermafsen berechnet:

Völlig trockene Schwarzkohle	2450° C.
Schwarzkohle mit 12 Proz. Feuchtigkeit	2365° „
Völlig trockene Rotkohle	2260° „
Rotkohle mit 10 Proz. Feuchtigkeit	2190° „

Die verbreitetste Art der Holzkohlenbereitung war die Meilerverkohlung. Man hat in dieser Periode zahlreiche Versuche gemacht, die Meilerverkohlung zu verbessern, ohne indes eine wesentliche Anderung durchzuführen. Zu Hiflau in Steiermark[2]) erbaute man mit Vorteil sehr grofse Meiler von 15000 bis 16000 Kbffs. Inhalt auf einer gemauerten Sohle. Der Hauptunterschied im Betriebe bestand darin, dafs man das Decken des Meilers von unten begann. Man bewarf denselben, ohne den gewöhnlichen ringförmigen Fufsraum offen zu lassen, mit einer 2 Fufs dicken, möglichst festgeschlagenen Löscheschicht. Nach oben zu machte man die Decke schwächer und bedeckte die Haube nur mit einer 9 Zoll dicken, möglichst lockeren Löschelage. Die Entzündung geschah durch den Quandelschacht von der Mitte aus. Ein Meiler von 46 Fufs Durchmesser brauchte 4 bis 6 Wochen bis zur Gare. Die Haupteigentümlichkeit des Prozesses bestand in der vollständigen und möglichst dichten Bedeckung des Meilerfufses während der Schwitzperiode. Man erzielte zu Hiflau ein sehr hohes

[1]) Comptes rendus vom April 1843.
[2]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, VII, 3.

Digitized by Google

Kohlenausbringen von 26 Proz. Ein ganz ähnliches Verfahren hatte man zu Neusohl in Ungarn.

Auch Pfort zu Veckerhagen [1]) suchte die Meilerverkohlung im Reinhardswalde dadurch zu verbessern, dafs er den Meiler am Fufse möglichst schlofs, die Haube mehr offen liefs und die Entzündung von oben durch den Quandel bewirkte. Die Ergebnisse waren günstig.

Der Amerikaner Bull hat das Ausbringen wesentlich dadurch vergröfsert, dafs er beim Aufsetzen des Meilers die Zwischenräume mit Kohlenstaub ausfüllte und sie dadurch unschädlich machte.

Die Holzverkohlungsöfen, welche man hauptsächlich da anwendete, wo man die Destillationsprodukte des Holzes mitgewinnen wollte, hatten teils die Form der Meiler, teils die der Haufen. Wo die Teergewinnung den Hauptzweck bildete, wendete man Retortenöfen an, die hierbei erzielten leichten Kohlen waren aber für den Hüttenbetrieb wenig geeignet. Statt der kostspieligen Retorten wendete man zuerst bei Blansko in Mähren bereits Ende der 20er Jahre Röhrenöfen an, d. h. Kammern, durch welche gufseiserne Heizröhren geführt wurden. Dieselben waren von Reichenbach konstruiert und bewährten sich gut, doch hat auch diese Art Öfen mehr ein Interesse für den Holzessigfabrikanten, als für den Hüttenmann.

Bei dem lebhaften Bestreben, die Produktionskosten des Eisens namentlich durch Brennmaterialersparung zu verringern, wendete man natürlich in dieser Zeit auch dem Torf und seiner Verwendung in der Eisenindustrie wieder gröfsere Aufmerksamkeit zu.

Über die chemische Zusammensetzung und die Bildung desselben hat namentlich Mulder durch eingehende Versuche Aufschlufs gegeben [2]). Regnaults Analysen [3]) stimmen mit denselben überein. Die mittlere Zusammensetzung von sechs holländischen und drei französischen Torfarten betrug 60,63 Tle. Kohlenstoff, 6,04 Tle. Wasserstoff und 33,32 Tle. Sauerstoff. Dies entspricht nach Scheerer einer Zusammensetzung von 60 Tln. Kohlenstoff, 2 Tln. Wasserstoff und 38 Tln. Wasser, während die entsprechende Holzmasse 50 Tle. Kohlenstoff und 50 Tle. Wasser enthält. Regnault fand auch Stickstoff, bei dem Torf von Vulcaire bei Abbeville sogar 2,21 Proz.

Scheerers Angabe gilt für die Zusammensetzung der reinen Torfsubstanz. Danach wäre reiner Torf ein besseres Brennmaterial

---

[1]) Siehe Studien des Göttinger Vereins, 4. Bd., Heft 1, S. 59.
[2]) Siehe Erdmann, Journal f. prakt. Chem. XVI, 246, 495; XXI, 211.
[3]) Ebendaselbst XIII, 160.

Digitized by Google

als Holz. Sein Wert wird aber sehr beeinträchtigt durch seinen Aschengehalt und seine Struktur, ganz abgesehen von seinem Wassergehalt. Der Gehalt an hygroskopischem Wasser beträgt etwa 25 Proz. Im günstigsten Falle kann, nach Scheerer, der absolute Wärmeeffekt des lufttrockenen Torfes den des gedarrten Holzes erreichen. Gedarrter Torf von gröfster Reinheit übertrifft in seinem absoluten Wärmeeffekt den des gedarrten Holzes nicht unbedeutend.

Berthier, der sehr eingehende Versuche über die französischen Torfarten angestellt hat, fand, dafs ein Gewichtsteil Torf

von Ham . .	mit	11,7	Proz.	Asche	12,3	Blei	gab =	2829 Wärmeeinheit.,
„ Vassy . .	„	7,2	„	„	13,0	„	„ =	2990 „
„ Frammont	„	3,0	„	„	15,4	„	„ =	3542 „

Der pyrometrische Wärmeeffekt des Torfes ist sehr verschieden; während er bei schlechtem Torf hinter dem des lufttrockenen Holzes zurückbleibt, übertrifft der gedarrte Torf hierin das gedarrte Holz.

Für die Verwendung des Torfes in der Eisenindustrie ist eine über das einfache Trocknen hinausgehende Vorbereitung fast immer unerläfslich.

Das Pressen des getrockneten Torfes ist zwar eine naheliegende und anscheinend einfache Verbesserung, aber die damals angewendeten Methoden und Maschinen, von denen die von Willougby konstruierte sich auszeichnete, waren alle zu kostspielig.

Das Darren, welches in ganz ähnlicher Weise ausgeführt wurde wie bei dem Holze, bewährte sich besser. Wohl der älteste bekannte Torfdarrofen wurde auf der Königl. württembergischen Eisenhütte zu Königsbronn erbaut. Es war eine Darrkammer mit gufseiserner Sohle, unter welcher die Gase einer Feuerung herstrichen, um dann durch ein heberartiges Rohr zu entweichen. Die Temperatur sollte nur wenig über die Siedehitze steigen, konnte aber erhöht werden. Regnault und Sauvage haben diesen Apparat 1836 zuerst beschrieben und abgebildet [1]).

Das Verkohlen des Torfes hatte man schon früher angewendet. Die Torfkohle hat verschiedene grofse Nachteile, den hohen Aschengehalt, der nach Berthiers Analysen stets über 10 Proz. betrug, den Mangel an Festigkeit und den nie fehlenden Phosphorgehalt. Diese Eigenschaften machten ihre Verwendung im Hochofen fast unmöglich.

---

[1]) Annales des mines, 3. Serie, X, 289; Karsten, a. a. O., §. 520.

Digitized by Google

Von den damals in Anwendung gekommenen Torfverkohlungsöfen ist besonders ein cylindrischer Ofen mit Registeröffnungen zu Rothau im Departement der Vogesen zu erwähnen [1]). Zu Crouy bei Meaux hatte man gemauerte Öfen, welche nach dem Princip der Teeröfen eingerichtet waren [2]). An anderen Orten bediente man sich dazu Öfen mit Rost, zu denen atmosphärische Luft Zutritt hatte. Zu Oberndorf befanden sich zehn Torfmeileröfen, welche Knapp in seiner Technologie beschrieben hat.

W. Williams rühmt die vorzügliche Torfkohle, die man erhält, wenn man gepressten, aschenarmen Torf verkohlt.

Wie dem Torf, so wendete man auch der Braunkohle eine gröfsere Beachtung seitens der Eisenindustrie zu. Dieselbe kann als ein Übergangsgebilde zwischen Torf und Steinkohle angesehen werden, was auch durch die gründlichen chemischen Untersuchungen von Regnault [3]) bestätigt wurde. Aufser Regnault lieferten Kühnert, Varrentrapp, Karsten, von Liebig, Reinsch und Balling Analysen von Braunkohle.

Die organische feste Masse der drei Hauptbraunkohlenarten zeigte nach diesen folgende mittlere Zusammensetzung:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Faserige Braunkohle . .	60	5	35
Erdige Braunkohle . .	70	5	25
Muschelige Braunkohle .	75	5	20

Die lufttrockene reine Braunkohle enthält aber aufserdem noch 20 Proz. hygroskopische Flüssigkeit, wonach sich folgende Zusammensetzung ergiebt:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Chem. gebd. Wasser	Hygroskop. Wasser
Faserige Braunkohle .	48	1	31	20
Erdige Braunkohle . .	56	2	22	20
Muschelige Braunkohle	60	3	17	20

Durch die Verunreinigungen, erdigen Beimengungen, Wassergehalt und Struktur ist aber die Braunkohle ebenso verschieden unter sich wie der Torf. Der absolute Wärmeeffekt der oben angeführten Braunkohlenarten berechnet sich für die

---

[1]) Siehe Annales des mines, 2. Serie, V, 211; Karsten, a. a. O., §. 524.

[2]) Ebendaselbst V, 223.

[3]) Annales des mines, 3. Serie, XII, 161.

Digitized by Google

	lufttrockene	gedarrte
faserige Kohle	0,50	0,63
erdige Kohle	0,62	0,76
muschelige Kohle	0,70	0,84

Berthier untersuchte eine Anzahl französischer Braunkohlen mit Bleiglätte. 1 Gewichtsteil derselben von

	Asche		Blei		Absol. Wärmeeinh.
Fuarch . . .	enthielt 12 Proz.	reduzierte	18,2 Gwtle.,	entsprech.	0,54
Val Pineau . .	„ 6,5 „	„	19,25 „	„	0,57
Fuvean . . .	„ 11 „	„	21,0 „	„	0,62
Gardanne . .	„ 15,2 „	„	22,0 „	„	0,65
St. Martin de Vaud	„ 11 „	„	22,6 „	„	0,67

wobei der absolute Wärmeeffekt des Kohlenstoffes = 1 gesetzt ist. Danach übertrafen fast alle lufttrockenen Braunkohlen in ihrem absoluten Wärmeeffekt den des gedarrten Holzes (= 0,50); die gedarrten in noch höherem Grade.

Den pyrometrischen Wärmeeffekt berechnete Scheerer für

	lufttrocken	gedarrt
faserige Braunkohle . . .	zu 1900° C.	zu 2080° C.
erdige Braunkohle	„ 2000° „	„ 2120° „
muschelige Braunkohle . .	„ 2040° „	„ 2180° „

Er übertraf also im ganzen den des gedarrten Holzes (= 1950° C.). Zum Darren eignet sich die Braunkohle nicht, weil sie zerbröckelt, ebensowenig zum Verkohlen. Versuche, Braunkohlen zu verkoken, wurden 1839 zu Fohnsdorf und 1841 zu Voitsberg in Steiermark gemacht.

Von Steinkohlen hat in jener Zeit Regnault [1]) zahlreiche Analysen veröffentlicht, ebenso Karsten, Richardson und Jacquelin [2]).

Scheerer berechnet daraus, unter Annahme von 5 Proz. hygroskopischer Feuchtigkeit und 5 Proz. Aschegehalt, die Zusammensetzung der vier Kohlenarten folgendermafsen:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Hygrosk. u. chem. gebd. Wasser	Asche
Sandkohle	69	3	23	5
Sinterkohle	75	4	16	5
Backkohle	78	4	13	5
Anthracit	85	3	7	5

[1]) Siehe Erdmanns Journ. f. prakt. Chem. XIII, 73, 143.
[2]) Ann. de Chim. et de Phys. LXXIV, 200.

Digitized by Google

Den absoluten Wärmeeffekt hat Dulong durch Versuche ermittelt und Scheerer berechnet. Er beträgt für

	nach Dulong	nach Scheerer
Sandkohle	0,79	0,78
Sinterkohle	0,89	0,87
Backkohle	0,93	0,90
Anthracit	0,96	0,94

Berthier und Karsten haben eine grofse Anzahl Steinkohlensorten auf ihren absoluten Wärmeeffekt untersucht[1]).

Lampadius, Karsten, Richardson, Jacquelin und Regnault stellten Untersuchungen über das specifische Gewicht der Steinkohlen an. Dasselbe beträgt nach Scheerer im Mittel für

Sandkohle	1,34,	entsprechend	einem	specifisch.	Wärmeeffekt	von	1,05
Sinterkohle	1,30,	„	„	„	„	„	1,13
Backkohle	1,26,	„	„	„	„	„	1,23
Anthracit	1,50,	„	„	„	„	„	1,41

Den pyrometrischen Wärmeeffekt fand Scheerer für

Sandkohlen	zu 2160° C.
Sinterkohlen	„ 2190° „
Backkohlen	„ 2220° „
Anthracit	„ 2300° „

wobei der Aschengehalt unberücksichtigt blieb.

Magere Steinkohlen wurden seit der Einführung der Winderhitzung in manchen Gegenden auch im Hochofen roh angewendet; in der Regel verwendete man aber beim Schmelzen in Schachtöfen Koks.

Gute Koks hatten eine Zusammensetzung von 85 bis 92 Proz. Kohlenstoff, 3 bis 5 Proz. Asche und 5 bis 10 Proz. hygroskopisches Wasser. Ihr absoluter Wärmeeffekt betrug 0,85 bis 0,92. Der Aschegehalt kann jedoch den Wärmeeffekt sehr beeinträchtigen. Berthier fand, dafs ein Koks mit $11^1/_2$ Proz. Asche nur 28,5 Blei gab, entsprechend 6555 Wärmeeinheiten.

Nach Scheerer beträgt das mittlere specifische Gewicht von

Sandkoks . .	0,48,	entsprechend	der	specifischen	Wärme	von	0,46
Sinterkoks . .	0,43,	„	„	„	„	„	0,41
Backkoks . .	0,35,	„	„	„	„	„	0,33

[1]) Vgl. Scheerer, a. a. O., I, 194; Karsten, a. a. O., §. 540.

Digitized by Google

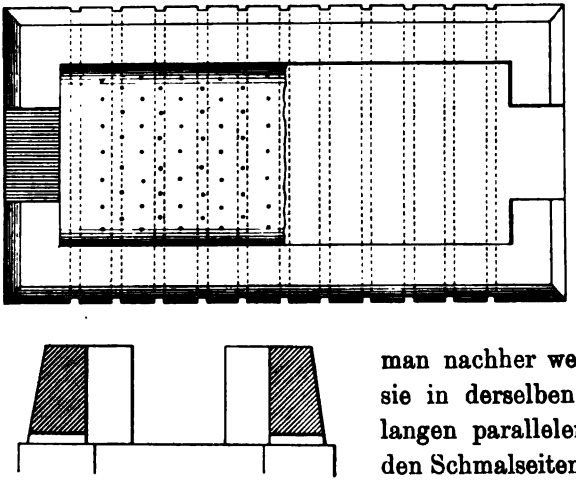
Das Koksausbringen verschiedener Steinkohlensorten ist sehr verschieden und schwankt zwischen 50 und 90 Proz. Karsten hat dasselbe für viele Kohlensorten ermittelt (§. 543).

Der pyrometrische Wärmeeffekt reiner aschenarmer Koks kommt dem der Holzkohlen nahe. Durch den Aschengehalt vermindert er sich aber nicht unbeträchtlich.

Bei der Verkokung der Steinkohlen wurden in diesem Zeitabschnitte mancherlei Verbesserungen eingeführt. Man kam mehr und mehr davon ab, die wertvollen Stückkohlen zu verkoken, dagegen wendete man der Verkokung der Staubkohlen und Kleinkohlen gröfsere Aufmerksamkeit zu.

Aus dem Verfahren der Staubverkokung zu Janon und Terre noire bei St. Etienne, welches wir S. 228 beschrieben haben, entwickelte sich die Verkokung „zwischen Mauern". Sie verhielt sich zur Meiler- und Ofenverkokung wie das Rösten in Stadeln zum Rösten in Haufen und in Öfen. Statt dafs man die Staubkohle in Formen einstampfte, die man nachher wegnahm, stampfte man sie in derselben Weise zwischen zwei langen parallelen Mauern ein, die an den Schmalseiten offene Thüren hatten, Fig. 127. Unten sparte man quer durchgehende Kanäle aus und stiefs in den feucht eingestampften Haufen mit einer Eisenstange senkrechte Luftlöcher durch die Decke. Der Haufen wurde durch die unteren Kanäle mittels Reisigholz in Brand gesteckt. Sobald die durch die Decke schlagenden Flammen eine bläuliche Farbe annahmen, deckte man den Haufen mit Lösche. War die Verkokung beendet, so wurden die mit Ziegelsteinen vermauerten Thüren aufgerissen. Die Zeit der Verkokung betrug 36 bis 48 Stunden, das Ausbringen soll 50 bis 55 Proz. betragen haben, doch war es meist geringer.

Fig. 127.



Dieses Verfahren hatte man zuerst im Jahre 1834 zu Creusot eingeführt, indes einige Jahre danach als zu kostspielig wieder ver-

Digitized by Google

lassen, während es zu Torteron im Nièvredepartement länger in Anwendung blieb. Doch war auch hier das Ausbringen ein ungünstiges [1]). Nailly führte zu Creusot 1835 eine Verbesserung dadurch ein, dafs er noch Vertikalkanäle anbrachte, die ganz wie zu Janon durch eingestampfte Pfähle gebildet wurden.

Aus dieser Konstruktion entsprangen die Öfen, welche der Berginspektor Hauser Anfang der 40er Jahre im Fürstentum Schaumburg eingeführt hat. Der wichtige Unterschied dieser Schaumburger

Fig. 128.

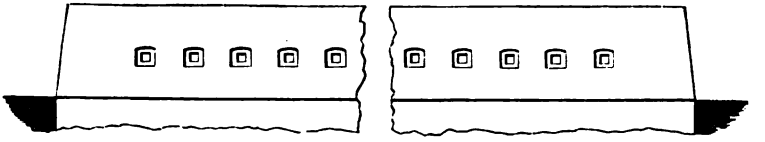


Fig. 129.

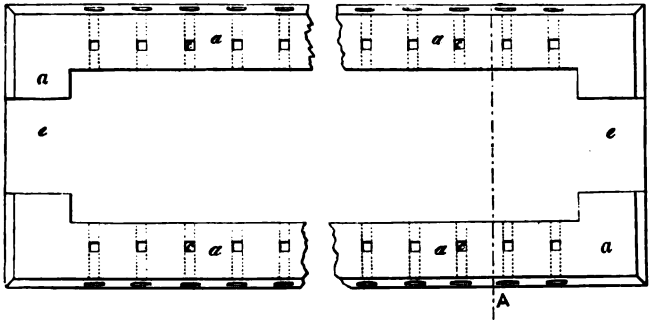


Fig. 130.

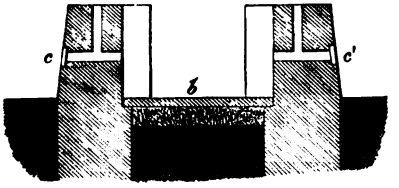
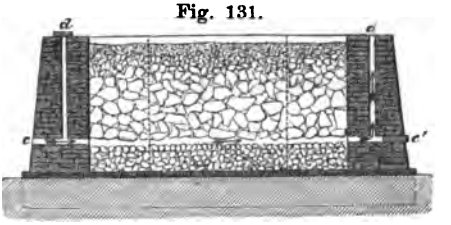


Fig. 131.



Öfen bestand darin, dafs man die Gase nicht durch die Kohlen durchströmen liefs, sondern dafs man in den Seitenmauern vertikale Abzugskanäle anbrachte, die wie kleine Essen wirkten und durch welche die Gase entweichen mufsten. Die Decke des Meilers verschlofs man deshalb mit einer starken, festgestampften Lehmschicht möglichst luftdicht. Fig. 128 bis 131 zeigen die einfache Konstruktion eines solchen Schaumburger Ofens, wie er 1850 zu Gleiwitz errichtet worden war und

[1]) Siehe Pelouze, Traité de la fabrication du coke, Paris 1842.

Digitized by Google

wie er in den 50er Jahren auf vielen Hütten und Steinkohlengruben betrieben wurde. Die älteren eigentlichen Schaumburger Öfen zu Obernkirchen in Lippe-Schaumburg hatten drei Reihen horizontale Züge in den Seitenwänden übereinander, und waren diese Kanäle nach aufsen geneigt, um den Teer abfliefsen zu lassen.

Auch in Wales hatte man offene Öfen oder Stadeln, welche aber 15 Fufs hohe Seiten hatten. Rogers empfahl solche von 14 Fufs Weite, 90 Fufs Länge und 7 Fufs 6 Zoll Höhe, die 150 Tonnen Steinkohlen faßten.

Das Ausbringen dieser offenen Öfen war aber stets ungünstiger als das der geschlossenen; bei ersteren betrug der Abbrand mindestens $^1/_2$, bei letzteren $^2/_5$.

Man unterschied in Frankreich in dem Gebiete von St. Etienne und Rive de Gier zwei Arten von geschlossenen Verkokungsöfen, solche mit einer Thür und solche mit zwei Thüren. Erstere bezeichnete man sonderbarerweise als die französischen, letztere als die englischen Öfen [1]). Diese Bezeichnung war eine wenig begründete, da sowohl die einthürigen wie die zweithürigen Öfen von England ausgegangen waren; eher dürften noch die zweithürigen Öfen als die französischen bezeichnet werden (s. S. 58). Es läfst sich nur vermuten, dafs die einthürigen Öfen sich in Frankreich bereits eingebürgert hatten, als die zweithürigen eingeführt wurden. In Deutschland, namentlich in Schlesien, bezeichnete man gerade umgekehrt die einthürigen Koksbacköfen, die sogen. Bienenkörbe, als englische Öfen. Diese letzteren fanden zugleich mit den Eisenbahnen auf dem Kontinente, namentlich auch in Deutschland, Verbreitung. Denn zu jener Zeit bediente man sich noch der Koks zur Lokomotivheizung, und da die Kohlenzechen noch keine Koksanstalten hatten, so waren die Eisenbahnverwaltungen gezwungen, eigene Kokereien auf ihren Hauptbahnöfen anzulegen.

Fig. 132.

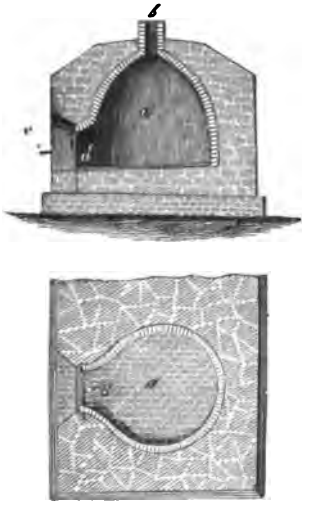


Fig. 132 zeigt die Einrichtung dieser Koksbacköfen, wie sie damals (1837) von der Leipzig-Dresdener Eisenbahn zu Riesa erbaut wurden, die in ihrer Einfachheit an die ältesten englischen Koksöfen (Bd. III, S. 307) erinnern. Der Verkokungsraum war

[1]) Siehe Gervoy in Annales des mines 1836, 3. Serie, X, 1.

Digitized by Google

$3^1/_2$ m breit und $3^1/_2$ m hoch, und wurden darin 50 Dresdener Scheffel Staubkohlen in 72 Stunden verkokt.

Die älteren französischen Backöfen, wie sie 1836 zu Rive de Gier und St. Etienne in Gebrauch standen, waren kleiner und hatten ein viel niedrigeres Gewölbe von nur 80 cm Höhe bei 2 m Durchmesser. Man legte immer eine grofse Zahl dieser Öfen nebeneinander in ein gemeinschaftliches Mauerwerk. Eine wesentliche Verbesserung der Koksbacköfen, welche zuerst in Frankreich eingeführt wurde, bestand darin, dafs man die Luft nicht direkt durch die Fugen oder ein Loch in der Thür einströmen liefs, sondern durch einen um den Ofen geführten Kanal, Fig. 133, in dem die Luft vorgewärmt und dann erst durch mehrere kleine Züge in den Verkokungsraum geleitet wurde. Diese Öfen hatte man nach Gervoys Beschreibung bereits 1836 in Rive de Gier. Von da verbreiteten sie sich im westlichen Frankreich und auf den Kohlengruben in Saarbrücken.

Bei anderen Verkokungsöfen, und zwar bei einthürigen wie bei zweithürigen, legte man diese

Fig. 133.

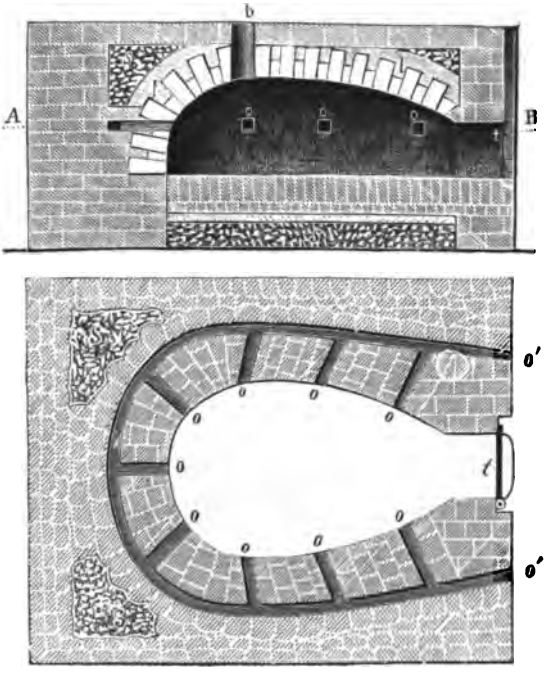
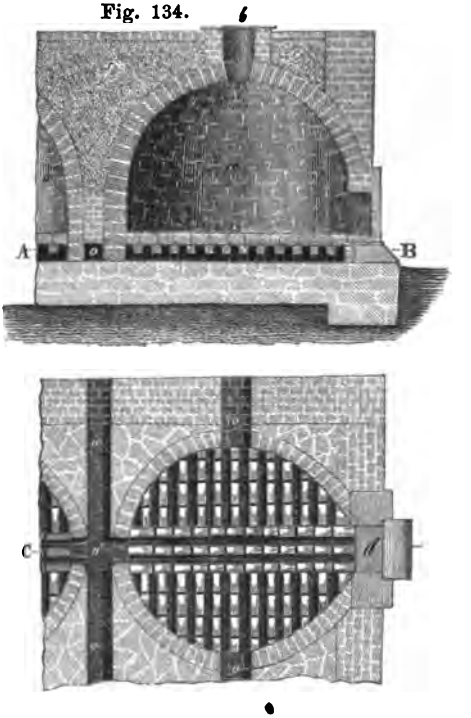


Fig. 134.



Digitized by Google

Kanäle unter die Ofensohle. Koksbacköfen dieser Art, wie sie auf der Prinz-Karls-Hütte zu Rothenburg an der Saale im Gebrauch waren, zeigt Fig. 134 (a. v. S.). Hierbei drang die erwärmte Luft

Fig. 135.

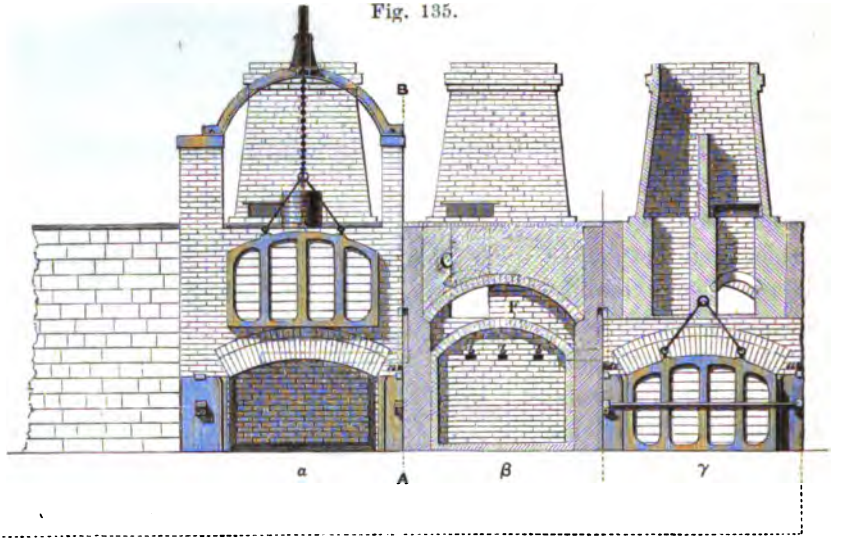
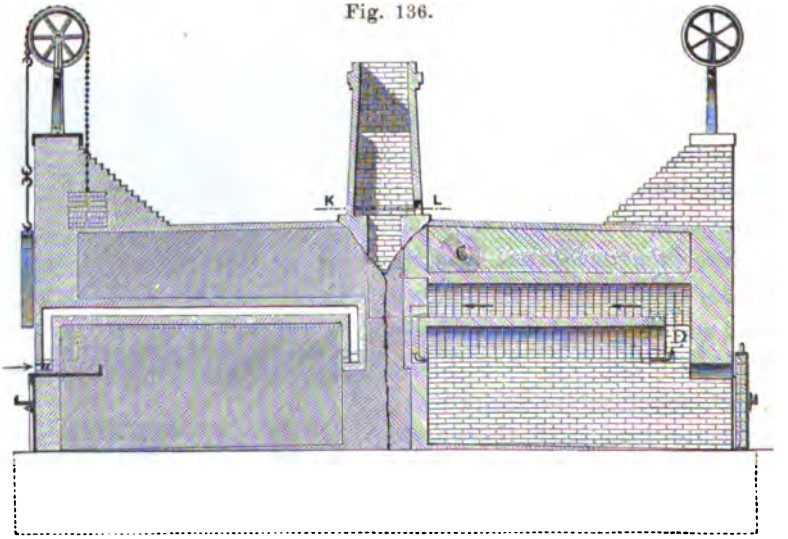


Fig. 136.



durch die undichte Ofensohle von unten ein. Diese Methode war unvollkommen und gab zu grofsen Abbrand. Die Verkokungsöfen von Cox, Fig. 135 und 136, welche 1840 in England patentiert wurden, hatten keine Sohlkanäle, wohl aber Erhitzung von oben durch ein doppeltes Gewölbe.

Digitized by Google

Das Entleeren der Koksöfen war eine sehr mühselige Arbeit, besonders das der einthürigen Öfen. Besser ging das Entleeren bei den englischen oder zweithürigen Öfen von statten. Doch war dies auch noch beschwerlich genug, so lange es mit der Hand mit Hülfe langer Haken geschah und so lange die Thüren so schmal waren, wie dies bei den älteren englischen Öfen (s. S. 58), sowie auch noch bei den um 1836 von Walther de St. Ange erbauten zu Rive de Gier[1]) der Fall war. Die ältere Form des Herdes war elliptisch, später machte man die langen Seitenwände im mittleren Teil parallel und legte eine Anzahl dieser Öfen in ein Mauerwerk nebeneinander.

Von besonderem Interesse waren die Fortschritte der Verkokung auf dem Hüttenwerke zu Creusot (Departem. Saône et Loire). Hier hatte man zuerst die Steinkohlen in Haufen bei den Förderschächten verkokt. Dann ging man zu der oben beschriebenen Verkokung zwischen Mauern über, welche man aber bald wieder als unökonomisch verliefs. Man wendete hierauf elliptische Öfen mit einer und mit zwei Thüren an und kam endlich nach vielen vergleichenden Versuchen um 1837 auf Öfen mit länglich viereckigem Herde und zwei einander gegenüberstehenden Thüren auf den Schmalseiten. Der Herd dieser Öfen bildete ein Rechteck von 4,62 m Länge und 2,21 m Breite; der Boden bestand aus Ziegelsteinen, welche flach gelegt waren und hatte von dem einen Ende zum andern einen Abfall von ungefähr $^1/_{14}$ seiner Länge. Die niedrigste Seite lag nur 0,10 m über der Hüttensohle. In der Mitte des Gewölbes befand sich die 0,50 m hohe Esse.

Die Thüröffnungen waren gleich dem Querdurchschnitt des Ofens und von gleicher Gestalt. 20 solcher Öfen standen in einem Mauerwerk nebeneinander. Die Ladung des Ofens, welche 25 Hektoliter Steinkohlen betrug, wurde durch eine und zwar durch die höher gelegene Thür eingetragen. Der Hauptvorteil, den diese Ofenform bot, war die bequemere Entleerung, welche aus der niedriger gelegenen Thüröffnung erfolgte. Es geschah dies in folgender Weise. Nachdem die Thüren weggenommen waren, brachte man durch die obere Öffnung senkrecht auf den Herd ganz dicht an die Koks einen eisernen Rahmen von gleicher Gestalt, wie der Querdurchschnitt des Ofens, aber von etwas geringeren Dimensionen, ein, damit er leicht durch die ganze Länge gehen konnte. In der Nähe seiner Basis hatte der Rahmen vier Löcher, durch welche man unter den Koks hindurch vier Brechstangen führte,

[1]) Siehe Le Blanc und Walther, Praktische Eisenhüttenkunde, Tab. V, Fig. 1 bis 8.

Digitized by Google

die etwas länger als der Herd waren und an den beiden Enden Öffnungen zur Aufnahme von Schliefskeilen hatten. Die Stangen gingen auf der entgegengesetzten Seite aus der Thüröffnung heraus und dort durch die in einem zweiten gleichen Rahmen vorhandenen Löcher, und es wurden dort ebenfalls Schliefskeile vorgesteckt. Auf diese Weise lagen die Koks auf den Stangen und zwischen den beiden Rahmen. An den Schliefskeilen an der unteren Thüröffnung befestigte man vier doppelte Haken, welche mit einer Kette verbunden waren, und so wurden die Koks durch einen Haspel, der von einem Pferde bewegt wurde, in einer Masse aus dem Ofen gezogen. Diese einfache Operation ersparte viele Mühe, Arbeit und Kosten. Die ausgezogenen Koks wurden sofort mit Wasser abgelöscht [1]).

Ganz ähnliche Öfen führte man in den folgenden Jahren auf der Eisenhütte zu Maubeuge ein [2]).

Indem eine Anzahl englischer Koksöfen zu einer Batterie vereinigt wurden, bot sich günstige Gelegenheit, lange Cylinderkessel, welche senkrecht auf die Längsachsen der Öfen über dieselbe gelegt wurden, mit der abgehenden Hitze und den brennbaren Gasen derselben zu heizen. Solche Verkokungsöfen mit Dampfkessel kamen in den 40er Jahren in Belgien auf.

Die Anwendung der aus den Koksöfen entweichenden Hitze zur Dampferzeugung war eine Erfindung von Moritz de Jongh zu Warrington in Lancastershire, welcher am 28. Februar 1824 ein Patent darauf genommen hatte.

Die älteste Anlage dieser Art in Belgien hatte das grofse Eisenwerk Couillet. Sie wurde bereits 1835 von Direktor Henrard projektiert, kam aber erst 1843 zur Ausführung [3]). Brunfaut hatte nämlich inzwischen ein Patent genommen, die Sohle der Koksöfen mit der verloren gehenden Wärme zu erhitzen, und man hatte diese Öfen in Couillet eingeführt. Es gelang aber später doch, die Überhitze auch noch zur Dampferzeugung zu verwenden [4]).

Um das Jahr 1840 war zu Bordeaux von dem französischen Mühlenbaumeister Clavière zum Betriebe einer Mühle ein Dampf-

---

[1]) Recueil de dessins et documents concernant les constructions métallurgiques, publié à Paris par Messieurs Walter et Leblanc de 1835 et 1839 und Walther de St. Ange, a. a. O. Deutsch von Hartmann, I, 49.

[2]) Siehe Drouet, Sur la construction des fours à coke à une porte, dits fours français, et de ceux à deux portes qui se défournent instantanément au moyen d'un cabestan. Annales des mines 1841, 3. Serie, III, 3.

[3]) Siehe Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, S. 220.

[4]) Siehe Berg- u. hüttenm. Ztg. 1847, S. 673.

Digitized by Google

kessel angelegt worden, welcher von den aus vier Verkokungsöfen entweichenden Flammen gespeist wurde. Die Einrichtung war sehr sinnreich, aber für Eisenhütten zu kompliziert.

Die Konstruktion der Koksofenanlage mit Kesselheizung zu Couillet erwies sich ebenfalls als zu verwickelt. Ein Teil der Gase sollte von oben nach unten unter die Sohle der Öfen geleitet werden und hier in einer Anzahl enger Kanäle cirkulieren, während ein anderer Teil unter die Dampfkessel geführt wurde. Die Kanäle unter der Ofensohle verstopften sich aber rasch, und die grofsen Querschnitte der Essen, welche die Gase ins Freie führten, wenn man die verloren gehende Hitze nicht benutzte, machten den Betrieb unvorteilhaft. Viel vollkommener war die Anlage von Koksöfen mit Dampfkesselheizung, welche einige Jahre später zu Seraing angelegt wurde und die in Fig. 137 (a. f. S.) dargestellt ist. Die Anordnung, welche aus der Zeichnung leicht verständlich ist, war lange das Vorbild für ähnliche Anlagen [1]).

Ein wichtiger Fortschritt der Koksfabrikation war das Verwaschen der Steinkohlen. Dieses fand zuerst seit 1840 in St. Etienne in Frankreich statt.

Im Jahre 1840 reinigte Herr Bactmadour die Steinkohlen zu Bert (Allier) durch Waschen in Schlämmgräben. Dyèvre führte das Waschen in dem Bassin von St. Etienne ein. Im Plauenschen Grunde wendete man, wie es scheint, noch früher, zu Ende der 30er Jahre, die Setzwäsche hierfür an. Es geschah dies durch den Bergfaktor Kneisel zu Burgk. Lechatelier wirkte seit 1846 eifrig, das Verwaschen der Kohlen zur Verbesserung der Koksfabrikation auch im Becken von Valenciennes, in Nordfrankreich, einzuführen. 1848 liefs die Kommission der Nordbahn grofse Kohlenwäschen mit mechanisch betriebenen Setzsieben anlegen. Über diese Anlagen und die dabei gewonnenen Erfahrungen veröffentlichte der Bergingenieur von Marsilly eine sehr gründliche und wichtige Arbeit [2]).

In Belgien wendete man zu derselben Zeit der Aufbereitung der Kokskohlen gröfsere Aufmerksamkeit zu und legte Kohlenwäschen an. Dies geschah zuerst bei den Koksanstalten der belgischen Staatseisenbahnen. 1849 wurde auf dem Eisenhüttenwerke zu Sclessin eine grofse Kohlenwäsche gebaut. Drei von den sieben Hochöfen gingen in den folgenden Jahren nur mit Koks aus gewaschenen Kohlen,

[1]) Genaue Beschreibung bei Le Blanc und Walther, a. a. O., S. 207.

[2]) Siehe Annales des mines 1856, 4. Ser., XVIII, 381; Dinglers Journ. 118, S. 265; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1851, S. 194 etc.

Digitized by Google

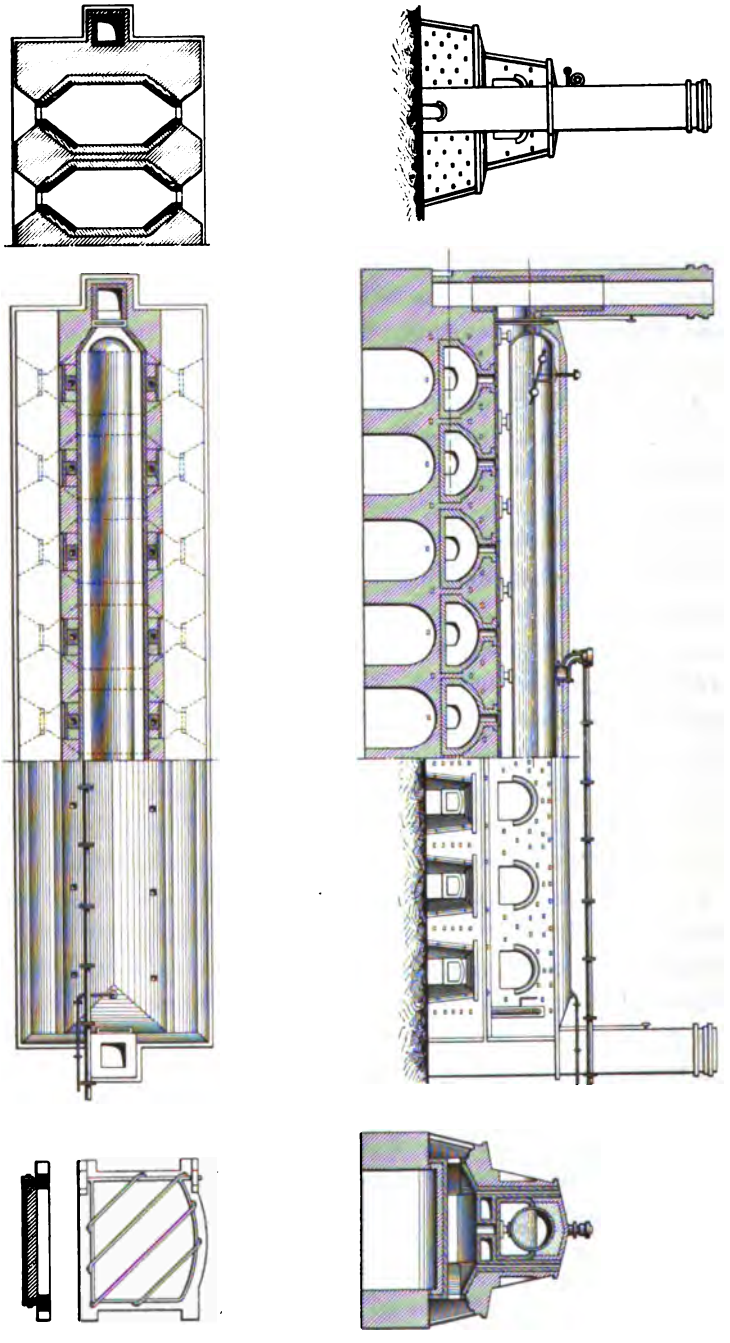


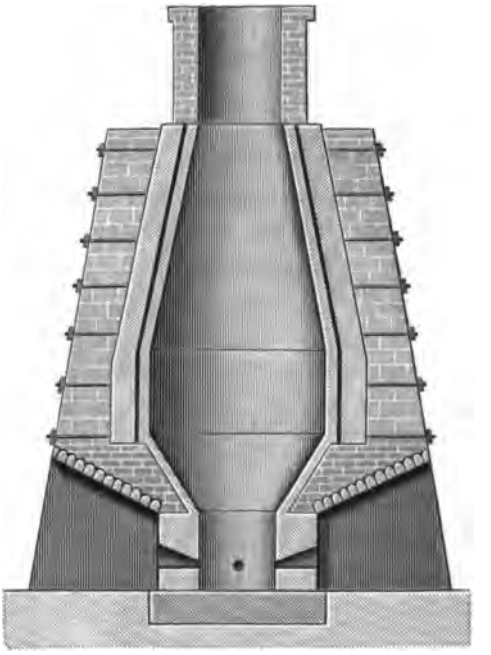
Fig. 137.

Digitized by Google

wobei sich deren Vorzüge für gleichmäfsigen, ungestörten Betrieb herausstellten. Die Setzmaschinen hatte man schon vorher im Becken zu Mons eingeführt, zu Sclessin wendete man auch noch Schlämmherde an. Eine Kohlenwäsche mit Dampfmaschinenbetrieb erbaute Berhard.

Als ein Fortschritt von grofsartiger Tragweite erwies sich die Anwendung der rohen Steinkohle beim Hochofenbetriebe. Dieselbe wurde erst praktisch möglich durch die Winderhitzung. Schottlands Hochofenindustrie verdankt ihr den grofsen Aufschwung. Die englische Steinkohle eignete sich weniger zur unmittelbaren Verwendung im Hochofen, weil sie zu backend war. Dagegen gelang George Crane [1]) auf der Hütte zu Yniscedwyn die erfolgreiche Anwendung des Anthracits im Hochofen. Auch dieser Erfolg wurde nur durch sehr heifsen Wind von 310° C. (Bleischmelzhitze) erreicht. Crane schmolz 1 Tl. Gufseisen mit 1,35 Tln. Anthracit.

Fig. 138.



Eine besondere Wichtigkeit erlangte der Anthracitkohlenbetrieb für die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die in Pennsylvanien Anthracitkohlen von hervorragender Güte besafsen. Man gab den Anthracithochöfen eine sehr weite Zustellung, wie es der Ofen von Reading, Pa., Fig. 138, zeigt.

Die Versuche der Verwendung roher Steinkohlen in Hochöfen auf dem Kontinent, von denen die in Gleiwitz [2]) 1833 angestellten wohl die ersten waren, hatten dagegen keinen oder nur geringen Erfolg.

Über die Anwendung der Gicht- und Generatorgase als Brennmaterial haben wir bereits gesprochen.

---

[1]) George Crane, geb. 1784 zu Bromsgrove, Worcestershire, von wo er 1824 nach Wales kam, starb am 10. Januar 1846.

[2]) Siehe Zeitschrift für Berg- u. Hüttenkunde u. Salinenwesen im preufsischen Staate, 1874, S. 255.

Digitized by Google

Zur Heizgaserzeugung hatten Faber du Faur Holzkohlenklein, v. Scheuchenstuel sowohl Holzkohlenklein als Braunkohle, v. Eck in Oberschlesien magere Steinkohle, Bischof in Mägdesprung Torf verwendet. Ferner bediente sich Ritter v. Fridau zu Walchen bei Mautern 1843 der aus Braunkohlenlösche erzeugten Generatorgase zum Betriebe eines Schweifsofens[1]). Zu Bodenwöhr und Hammerau in Bayern verwendete man Holzkohlenlösche, zu Wasseralfingen Holzkohle und Holz, zu Thiergarten und anderen württembergischen Hütten Torf zur Gaserzeugung.

Für die Kenntnis und die Benutzung der Generatorgase hat sich Ebelman besonderes Verdienst erworben, der zuerst die Gase aus Kohle, Kohlenlösche, Holz und Torf chemisch untersuchte[2]) und Gasöfen auf der Hütte zu Audincourt einrichtete[3]).

Die Gichtgase der Hochöfen und die Generatorgase waren wichtige Brennmaterialien geworden. Unter Zugrundelegung der nachfolgenden mittleren Zusammensetzung hat Scheerer die in der nebenstehenden Tabelle angeführten absoluten, specifischen und pyrometrischen Wärmeeinheiten berechnet:

Gichtgase aus:

	Holzkohlen A	Holzkohlen B	Koks	Steinkohlen
Stickstoff	63,4	59,7	64,4	56,3
Kohlensäure	5,9	19,4	0,9	15,2
Kohlenoxyd	29,6	20,2	34,6	21,5
Kohlenwasserstoff	1,0	0,3	—	4,2
Wasserstoff	0,1	0,4	0,1	1,0
Ölbildendes Gas	—	—	—	1,8
	100,0	100,0	100,0	100,0

Generatorgase aus:

	Holzkohlen	Holz I	Holz II	Torf	Kohle
Stickstoff	64,9	53,2	55,5	63,1	64,8
Kohlensäure	0,8	11,6	22,0	14,0	1,3
Kohlenoxyd	34,1	34,5	21,2	22,4	33,8
Wasserstoff	0,2	0,7	1,3	0,5	0,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

[1]) Siehe Innerösterreichisches Industrie- und Gewerbeblatt Nr. 76, 1843 und Berg- und hüttenmänn. Ztg. Nr. 5 vom 31. Januar 1844.

[2]) Siehe Annales des mines. 4. Serie, III, p. 207; Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1483, S. 865 etc.

[3]) Annales des mines, 4. Serie, VI, 521.

Digitized by Google

	Absoluter Wärmeeffekt	Specifischer Wärmeeffekt	Pyrometrischer Wärmeeffekt
Gichtgase:			
Holzkohlengas A	0,081	0,000 105	1255° C.
Holzkohlengas B	0,060	0,000 078	1075° „
Koksgas	0,077	0,000 100	1265° „
Steinkohlengas	0,162	0,000 211	1480° „
Generatorgase:			
Holzkohlengas	0,079	0,000 103	1260° „
Holzgas I	0,095	0,000 124	1325° „
Holzgas II	0,084	0,000 109	1165° „
Torfgas	0,063	0,000 082	1070° „
Koksgas	0,075	0,000 092	1240° „

Diese Zahlen sind nach dem Welterschen Gesetz aus dem Sauerstoffverbrauch zur Verbrennung berechnet. Nach Dulongs Beobachtungen fielen sie wesentlich höher aus, der pyrometrische Wärmeeffekt um 400 bis 500° C.

Winderzeugung und Windführung 1831 bis 1850.

Das wichtigste mechanische Hülfsmittel der Verbrennung, die Gebläsemaschine, erfuhr ebenfalls in dieser Periode mancherlei Verbesserungen.

Bei den Kastengebläsen war man mehr und mehr bestrebt, sie doppeltwirkend zu machen. Munscheid führte in Oberschlesien und den benachbarten österreichischen Provinzen Ende der 30er Jahre ein doppeltwirkendes hölzernes Kastengebläse ein, welches Karsten (§. 585) beschrieben und abgebildet hat.

Ein liegendes doppeltwirkendes Kastengebläse hat Scheerer (I, 415) beschrieben.

Die Kastengebläse verschwanden aber mehr und mehr vor den eisernen Cylindergebläsen, die namentlich bei gröfseren Anlagen und wo es sich um stärkere Pressung handelte, weit überlegen waren.

Wo man noch Wasserräder benutzte, konstruierte man gewöhnlich zwei- oder dreicylindrige Gebläsemaschinen, bei denen der Hub so gegeneinander verstellt war, dafs ein unausgesetztes Ausblasen statthatte, wodurch man den Windregulator sparen konnte.

Gebläse dieser Art, und zwar ein zweicylindriges bei dem Hochofen von Torteron und ein dreicylindriges zu Joinville in Frankreich,

Digitized by Google

finden sich beschrieben und abgebildet im Atlas du Mineur et du Metallurgiste de 1839 [1]).

Die Engländer dagegen, welche mit Vorliebe sehr grofse Gebläse bauten, mit denen sie eine Anzahl von Hochöfen gleichzeitig bedienten, zogen die Wattschen Gebläsemaschinen mit Balancier und aufrechtstehendem Cylinder, Kondensation, aber ohne Schwungrad, ähnlich den Cornwall-Wasserhaltungsmaschinen, vor. Hierbei befand sich die Triebkraft an der dem Gebläsecylinder entgegengesetzten Seite des Balanciers.

Man baute Maschinen der Art von riesigen Dimensionen in England. Wohl die gröfste zu jener Zeit befand sich auf dem englischen Eisenwerke Newmains; sie bediente zehn Hochöfen. Der Gebläsecylinder hatte 3,05 m Durchmesser und wog 36 Tonnen. Die Kurbelstange hatte 3,6 m Hubhöhe, das Schwungrad 9 m Durchmesser. Der Balancier wog 31 Tonnen, das Schwungrad 75 Tonnen. Die Maschine war von Murdock, Aitkens & Komp. in Glasgow gebaut. Statt der alten Wattschen Niederdruckdampfmaschinen bediente man sich mehr und mehr der sogenannten Cornwallschen Maschinen mit hoher Expansion und Kataraktsteuerung. Ein sehr gutes Beispiel eines englischen Balanciergebläses ist das in den 40er Jahren in England erbaute Hochofengebläse der Laurahütte, Fig. 139 [2]), welches von dem Mechaniker Grosse zu Gwineas bei Camborne in Cornwall geliefert worden war. Der Gebläsecylinder hatte 85 engl. Zoll Durchmesser und 9 Fufs Hub. Die Dampfmaschine von 3 Fufs 9 Zoll Durchmesser und 9 Fufs Hub leistete bei $^1/_3$ Cylinderfüllung 100 Pferdekräfte. Diese grofsen Gebläsemaschinen bezog man auch in Frankreich meist aus England, wie z. B. um 1830 das Gebläse für Decazeville der Gesellschaft von Aveyron mit 7 Fufs Cylinderdurchmesser und 8 Fufs Hub, ferner die 1837 zu Creusot, Lavoult und Terrenoire befindlichen.

In den 40er Jahren kamen die Evansschen Gebläse auf, bei welchen Dampfcylinder und Gebläsecylinder übereinander standen, so dafs deren Kolbenstangen in eine Linie fielen und miteinander verbunden waren. Die Wirkung war also eine direkte. Dennoch arbeitete die Maschine mit einem Balancier, der mit den Kolbenstangen verbunden war und zur Geradeführung diente. Der Balancier bewegte sich nämlich auf einem Support, der als Hebel wirkte und dessen unteres Ende sich

---

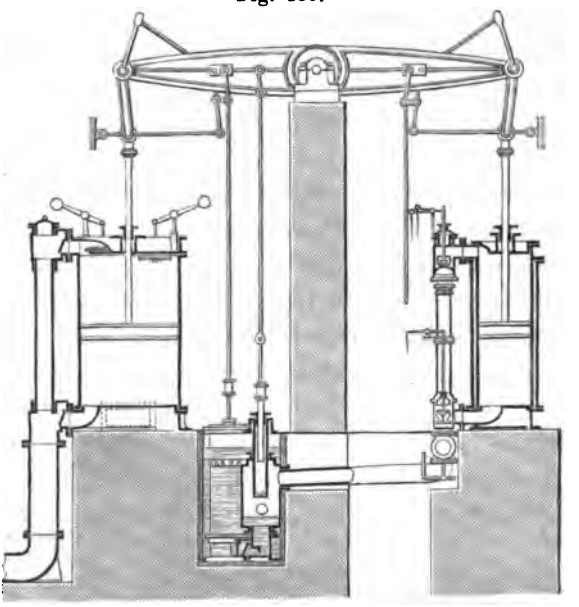
[1]) Hieraus in dem Repertorium der Eisengewerbskunde von K. Hartmann von 1841, Tab. I.

[2]) Hartmann, Handbuch über den Bau etc. von Dampfmaschinen, II, 60; Rühlmann, Maschinenlehre, IV, Fig. 531.

Digitized by Google

in zwei Zapfenlagern schwang. Da die Drehungsachse des Balanciers aufser dem Mittelpunkte lag, so machte der Support zwei Schwingungen, während der Balancier nur eine machte. Mit Hülfe dieses Supports verrichteten zwei Stangen mit Scharnieren, die mit dem Balancier verbunden waren und die einen Bogen beschrieben, welcher gleich dem von diesem beschriebenen war, aber eine umgekehrte Richtung hatte, die Leistung des Parallelogramms und erhielten die Kolbenstange in der Senkrechten. Eine Maschine dieser Art, welche Ende der 40er Jahre in Seraing die Hochöfen Nr. 5 und 6 bediente, ist bei Valerius beschrieben und abgebildet[1]). Da diese Maschine eine direkte Wirkung hatte, war sie der Abnutzung durch Reibung nur wenig unterworfen. Auch war nur ein Fundament für Dampf- und Gebläsecylinder erforderlich. Da auch der Balancier und alles, was damit zusammenhing, viel leichter war, so kostete diese Maschine bei gleicher Kraft viel weniger als eine Wattsche. Dagegen war der ganze Mechanismus komplizierter und schwächer, weshalb er eher zu Betriebsunterbrechungen der Hochöfen durch Bruch Veranlassung geben konnte.

Fig. 139.



Zu Seraing baute man darauf Ende der 40er Jahre eine direktwirkende Dampfgebläsemaschine ohne Schwungrad. Hier waren die Vereinfachungen der Evansschen Maschine bis zum Extrem getrieben[2]). Die Führung war durch einen Kreuzkopf, der in senkrechter Schlittenführung lief, hergestellt. Diese Maschine war natürlich noch billiger, veranlafste wenig Aufstellungskosten und nahm wenig Raum

[1]) Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, S. 253.
[2]) Siehe Valerius, l. c, S. 255, Tab. V, Fig. 1, 2.

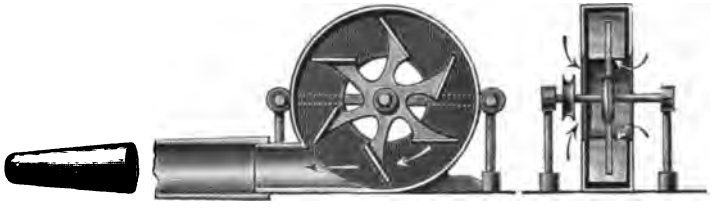
Digitized by Google

in Anspruch. Da sie aber kein Schwungrad hatte und mit Hochdruck ohne Kondensation arbeitete, verbrauchte sie viel Brennmaterial. Dabei machte sie grofsen Lärm.

Diese Maschine war nur ein Versuch. Valerius bemerkt dazu: „Eine horizontale Maschine würde nicht allein der beschriebenen, sondern auch allen Maschinen vorzuziehen sein, die man gewöhnlich in den Hochofenhütten anwendet. Sie würde nicht mehr als die vertikale Maschine zu Seraing kosten, und man könnte sie leicht mit einem Schwungrad versehen. Bei Anlage horizontaler Gebläse, die gewifs sehr bald allen anderen Systemen den Rang ablaufen werden, mufs man dahin sehen, ihnen den möglichst gröfsten Hub zu geben, um die Einflüsse der schädlichen Räume, der toten Punkte und der Reibung zu vermindern.“

Über die Gebläsemaschinen in Belgien zu Ende der 50er Jahre hat Hütteninspektor Eck einen sehr guten Aufsatz im 23. Bande von Karstens Archiv (1880) veröffentlicht. Das Streben nach Raumersparung führte auch zur Konstruktion von Gebläsen mit schwingenden Cylindern, den sogenannten „Wacklern“, welche in Österreich Eingang fanden und die Tunner in seinem „wohlunterrichteten Hammermeister“ 1846 beschrieben und abgebildet hat. Der Mechaniker Baumgärtl in Brückl fertigte dieselben zuerst an.

Fig. 140.



In diesem Zeitabschnitte kamen die Ventilatoren als Gebläsemaschinen für die Kupolöfen in den Giefsereien in ziemlich allgemeine Aufnahme. Die Kenntnis derselben läfst sich bis auf Agrikola zurückführen (Bd. II, S. 525). 1728 brachte Teral das Windrad als Gebläse für Schmiedefeuer in Vorschlag[1]). 1830 oder kurz nachher bedienten sich die Herren J. und C. Carmichael zu Dundee in ihrer Giefserei eines solchen Gebläses[2]). Es war, wie die Beschreibung sagt, nach dem Princip der Kornschwingmaschinen konstruiert und hatte die oben skizzierte Konstruktion, Fig. 140. Das Gebläse hatte

[1]) Siehe Machines et inventions approuvés par l'academie de science, 1735, T. V, Nr. 306 und 307.

[2]) Siehe E. F. Leuchs, Das Gebläse mit heifser Luft etc., 1843, S. 73.

Digitized by Google

über 3 Fuſs im Durchmesser. Die Achse machte 600 Umdrehungen in der Minute und wurde von einer Dampfmaschine in Bewegung gesetzt. Mittels dieses Gebläses schmolzen die Herren Carmichael 23 Ctr. Roheisen, indem sie zu 210 Pfd. desselben 23 Pfd. Koks gebrauchten, ohne die Füllkoks. Die Leistung war also eine sehr günstige.

Am 17. Januar 1833 erhielt Alexander Clark von Holywell ein Patent auf einen Ventilator derselben Konstruktion[1]), der zum Hausgebrauche, zum Anblasen der Öfen und zu anderen Zwecken dienen sollte.

Nach Guenyveau waren 1835 Ventilatorgebläse bereits in vielen Gieſsereien in Frankreich eingeführt, so zu Paris, Rouen, Lyon u. s. w. In Rouen wurde z. B. in der Gieſserei von James Martin et fils ein Ventilatorgebläse[2]) zum Betriebe eines Kupolofens benutzt, welches durch ein Göpelwerk mit drei Pferden bewegt wurde. Dasselbe schmolz 1200 bis 1500 kg in der Stunde.

Guenyveau rühmt an den Ventilatoren die geringe Kraft, die erfordert werde, um den nötigen Wind zu erzeugen, die leichte Konstruktion und dabei keine Reparaturen. Die Pressung sei allerdings schwach, sie betrage 30 bis 54 Linien Wasserdruck.

Von einem Ventilator zu La Voulte bemerkt Varin, daſs er nur mit 11 mm Quecksilber blase, weshalb diese Gebläse für Winderhitzung ungeeignet seien.

Walther de St. Ange empfiehlt die Windradgebläse für Schmiedefeuer und Kupolöfen, dagegen wende man sie, obgleich sie die genügende Wärmemenge zu erzeugen vermöchten, bei Hochöfen der schwachen Pressung wegen nicht an.

Karsten bildet in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde 1841, Tab. XIV, zwei verschiedene Systeme von Ventilatoren ab, das eine, Fig. 141 (a. f. S.), mit geraden, das andere, Fig. 142 (a. f. S.), mit gebogenen Schaufeln. Hiervon ist als ein drittes System das mit geknickten Windflügeln, wie sie der Ventilator von Carmichael zeigt, zu unterscheiden. Als den günstigsten Knickungswinkel hat Létoret 43° angegeben[3]). Der Ingenieur Cadiat zu Paris hat in einem Aufsatz[4]) über Ventilatoren mit geraden Flügeln folgende allgemeine Sätze aufgestellt:

---

[1]) Siehe London Journal of Arts, Aug. 1833, S. 20.

[2]) Beschrieben und abgebildet von M. de Saint Legier in Annales des mines, 4. Serie, VII, 1835.

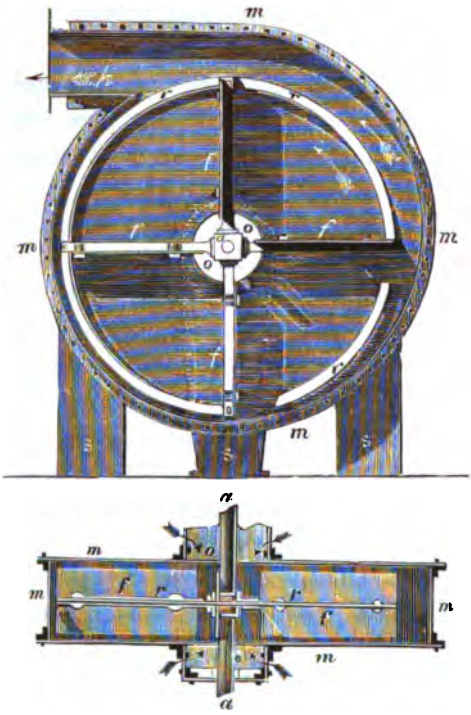
[3]) Armengaud, Publication industrielle, II, 331.

[4]) L. c. II, 323 und Berg- und hüttenmänn. Ztg. I, 981.

Digitized by Google

1. Die Wirkung hängt nicht wesentlich von der Oberfläche der Flügel, sondern von der Umdrehungsgeschwindigkeit und der Gröfse der Ausströmungsöffnung ab.

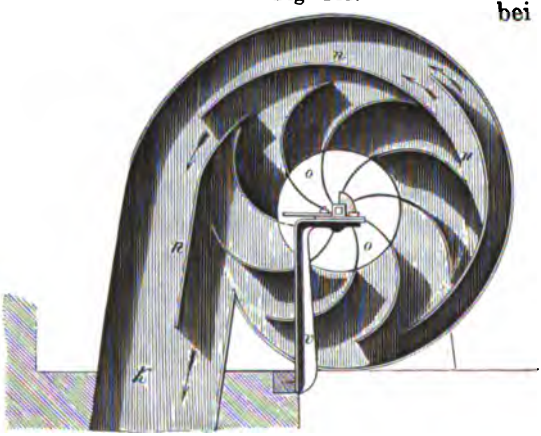
Fig. 141.



2. Die Wirkungen verhalten sich wie die Kubikzahlen der Geschwindigkeiten.

3. Wenn die Oberfläche eines Flügels die $1^1/_2$ fache von der der Ausströmungsöffnung ist, so wird die Wirkung des Ventilators durch die Verminderung der Oberfläche der Flügel, sowie durch den zwischen dem Ende der Flügel und der Trommelwand bleibenden Raum nicht vermindert. Es vermehrt im Gegenteil diese Einrichtung den Nutzeffekt wesentlich und vermindert die anzuwendende Betriebskraft.

Fig. 142.



4. Die Wirkung nimmt bei gleichbleibenden Flügeln in dem Mafse zu, als die Ausströmungsöffnung kleiner wird, bis dafs ihr Durchschnitt 0,40 bis 0,60 von der Oberfläche eines Flügels gleich ist. Wird die Öffnung noch kleiner, so vermindert sich der Nutzeffekt. Die zweckmäfsigste Öffnung ist die, welche der ausströmenden Luft die gleiche Geschwindigkeit wie der Mitte der Flügel giebt. Die Geschwindigkeit der Flügel läfst sich hiernach und mit Hülfe eines Erfahrungskoëffizienten berechnen.

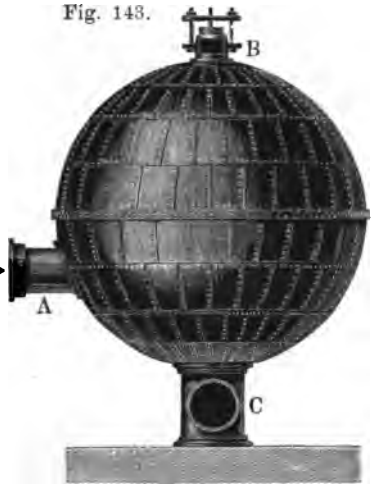
Digitized by Google

Nach v. Sabloukoff[1]) genügen vier Windflügel, um das Maximum der Wirkung zu erreichen. Um das Zittern des Apparates möglichst zu vermeiden, müssen die Flügel in genau gleichen Abständen voneinander stehen. — Verbesserungen an den Ventilatoren wurden 1843 von Daelen in Düren und 1848 von Lloyd in England angegeben. Der Engländer Buckle stellte zahlreiche Versuche über die zweckmäfsigsten Verhältnisse der Windradgebläse an, welche er am 28. April 1847 der Institution of mechanical Engineers vortrug[2]).

Ein eigenartiges Gebläse war das von Debreczeny erfundene und zuerst zu Vayda Hunyad in Siebenbürgen ausgeführte Schneckengebläse[3]).

Um namentlich bei Kolbengebläsen einen möglichst gleichmäfsigen Luftstrom zu erhalten, wendete man Regulatoren an. Für die starken englischen Cylindergebläse kamen immer mehr die Regulatoren mit unveränderlichem Inhalt auf, und zwar waren dies meist grofse und starke Blechkessel.

Fig. 143.



Der Regulator der Gebläseanlage von Decazes war z. B. ein Kugelkessel (Fig. 143) von 800 Kbfs. Inhalt. Sein Rauminhalt verhielt sich zum Inhalt des Gebläsecylinders wie 27 zu 1. Bei anderen Anlagen wählte man da, wo Maschine und Regulator nahe zusammengerückt waren, das 20fache Volum, während, wenn eine längere Leitung dazwischen lag, der 10- bis 15fache Inhalt genügte. Auf den belgischen Hütten hatte man meist cylindrische Regulatoren. Auf der Hütte zu Sclessin war für sechs Hochöfen nur ein Regulator von 300 Fufs Länge und 5 Fufs Durchmesser. Weite Windleitungen empfahlen sich wegen der geringeren Reibung. Bei heifsem Winde mufste man die Leitungen weiter nehmen als bei kaltem. Zur Dichtung nahm man bei heifsem Winde Kupferdraht statt Blei, wenn man nicht Rostkitt anwendete.

Die Anwendung des heifsen Windes hatte mancherlei Verände-

[1]) Siehe Dinglers Journal, Bd. 81, S. 67.
[2]) Siehe Hartmann, Die Fortschritte der Eisenhüttenkunde, 1851, S. 505.
[3]) Siehe Tunners Jahrbuch, II, 241.

Digitized by Google

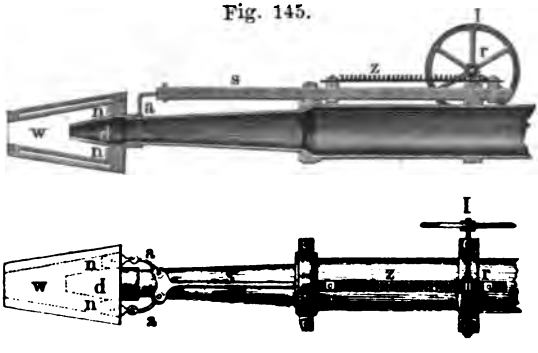
rungen bei der Zuleitung des Windes zum Ofen zur Folge. Die alten Lederschläuche, welche früher die Düsen mit der Rohrleitung verbanden, waren nicht mehr verwendbar, die Verbindung mufste durch ein metallenes Rohr hergestellt werden. Dieses Verbindungsstück machte man anfangs von Eisen- oder Kupferblech, später von Gufseisen. Um der Düse aber ihre Beweglichkeit, die sie durch das starre Rohr ver-

Fig. 144.

loren hatte, wiederzugeben, brachte man am Ende des Rohres ein Kugelgelenk an, mit welchem die Düse verbunden wurde.

Um das Vor- und Zurückfahren der Düse zu ermöglichen, war ein verschiebbares Rohr, wie bei einem Perspektiv, in ein anderes Rohr gesteckt und konnte durch eine Schraube vor- und rückwärts geschoben werden. Karsten hat in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde, Tab. XIV, verschiedene derartige Düsenvorrichtungen abgebildet, darunter auch die in Fig. 144 dargestellte für Kokshochöfen. *C* ist das in *E* verschiebbare Rohr mit dem Kugelgelenk *K*. Noch zweckmäfsiger war namentlich für grofse und schwere Düsenstöcke die Vor- und Rückwärtsbewegung mittels Zahnstange und Zahngetriebe, wie es Valerius (Fig. 145) abgebildet hat, doch giebt er dabei an, dafs der Apparat aus Deutschland stamme. Einen solchen Düsenstock mit Zahngetriebe und geschlossener Form hatte Faber du Faur schon anfangs der 40er Jahre zu Wasseralfingen in Benutzung, Fig. 146 [1]).

Fig. 145.



[1]) Beschreibung von Delesse, Berg- und hüttenmänn. Ztg. vom 19. August 1843, Fig. 65.

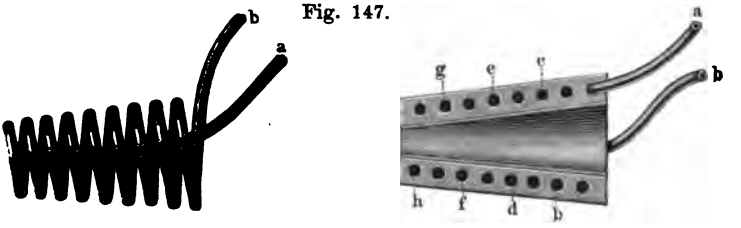
Digitized by Google

Dafs man nach Einführung des heifsen Windes auch zur allgemeinen Anwendung der Wasserformen überging, ist schon mehrfach erwähnt worden. Bei Temperaturen unter 200° C. genügten noch die gewöhnlichen kupfernen Formen, wie Karsten und Eck angeben, bei höherer Windtemperatur waren aber Wasserformen unbedingt erforderlich. Als Erfinder derselben gilt John Condie, der in Dixons Diensten stand, als dieser seine Versuche über die Anwendung des heifsen Windes machte.

Fig. 146.

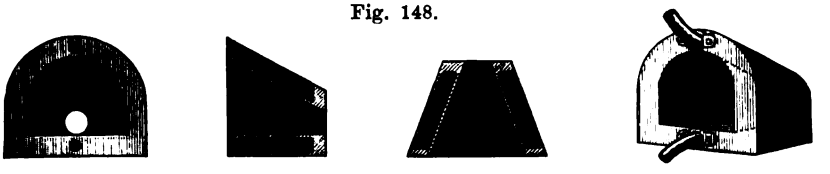
Condie soll nach einer Mitteilung ungerecht behandelt worden sein und nie eine Belohnung für seine wichtige Erfindung erhalten haben [1]). Condies Wasserform bestand aus einem spiralförmig gewundenen, schmiedeeisernen Rohr, Fig. 147, welches in die Wände einer kurzen gufseisernen Form eingegossen war. Die in Belgien gebräuchlichen bestanden nach Valerius aus Eisenblech. In Schlesien wendete man nach Karstens Beschreibung (§. 605) gegossene Formen

Fig. 147.



aus Kupfer an (Fig. 148). Die Metallstärke an den Seiten war 1/4 Zoll, am Rüssel 1 1/4 Zoll und hinten an der weiten Seite 3/4 Zoll. Sie wurden aus einem Stück gegossen. Die ersten bronzenen Wasserformen wurden von Engels auf der Sayner Hütte kurz nach Einführung des heifsen Windes angewendet und nicht lange darauf durch gegossene kupferne

Fig. 148.



Formen derselben Konstruktion ersetzt. Die Anregung hierzu war von Wasseralfingen ausgegangen.

Eine sehr wichtige Verbesserung war ein an der Düse angebrachter, in die Form genau eingedrehter Wulst zum Verschliefsen der Form,

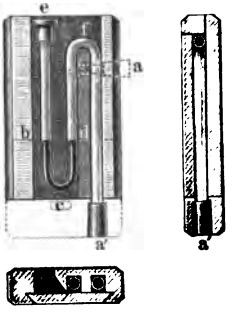
[1]) Siehe Percy, Iron and Steel, p. 428.

Digitized by Google

wodurch der Rücktritt des Windes verhindert und aufser dem Windverlust auch das betäubende Geräusch der offenen Formen vermieden wurde. Diese Vorrichtung, von der Karsten bemerkt, dafs sie zuerst in Deutschland angewendet, zu Seraing aber verbessert worden sei, ist in Fig. 145, *aa*, *nn*, dargestellt.

Die Pressung des Windes fortwährend zu kontrollieren, war als eine Notwendigkeit für die Betriebsleitung anerkannt, und kamen infolgedessen Windmesser oder Manometer in allgemeine Anwendung.

Fig. 149.



Das in Fig. 149 abgebildete einfache Hebermanometer hat Tunner in seinem „wohlunterrichteten Hammermeister“ 1846 beschrieben. Transportable Windmesser (Reisewindmesser) haben Gahn und Kalstenius angegeben. Die Wassermanometer wurden mehr und mehr durch die handlicheren Quecksilbermanometer verdrängt. 1 Zoll Quecksilber entsprach dem specifischen Gewicht entsprechend 13,596 (Regnault) Zoll Wasser. Aufserdem drückte man die Stärke der Pressung durch Angabe des Druckes auf den Quadratzoll in Pfunden aus, wobei 1 Zoll Quecksilber 0,5193 Pfd. Druck auf den Quadratzoll entsprach. In der Praxis galt die Regel: 1 Pfd. Druck entspricht 2 Zoll oder 5,4 cm des Quecksilbermanometers.

Karsten hat (§. 473) folgende Pressungen des Windes für die verschiedenen Brennmaterialien bei ihrer Verwendung im Hochofen angegeben:

	Wasser		Quecksilber
für sehr leichte tannene und fichtene Kohlen	1	bis $1^1/_2$ Fufs =	2 bis 3 cm
„ die besten Kohlen aus Nadelhölzern .	$1^1/_2$ „	2 „ =	3 „ 4 „
„ gute Laubholzkohlen	2 „	3 „ =	4 „ 6 „
„ leicht verbrennliche Koks	4 „	6 „ =	8 „13 „
„ harte und schwer verbrennliche Koks .	6 „	8 „ =	13 „19 „

Die durch das Manometer angegebenen Zahlen für den Winddruck bilden mit dem Querschnitt der Düse die Grundlage der Berechnung der aus der Düse ausströmenden Windmenge. Windmenge und Pressung sind aber die wichtigsten Faktoren des Hochofenbetriebes. Beide stehen in engster Relation und können sich teilweise ersetzen. Durch eine geringere Menge stark gepreſsten Windes kann in einem Hochofen dieselbe Temperatur erzeugt werden, wie durch eine gröfsere Menge schwächer gepreſsten Windes (Scheerer).

Digitized by Google

Die Geschwindigkeit des ausströmenden Windes wird nach der allgemeinen Formel $G = 2\sqrt{gh}$ berechnet, wobei man h aus dem Quecksilbermanometerstand mal dem specifischen Gewicht 13,596 mal 772, um wieviel das Volumen der Luft gröfser ist als das Wasser, ermittelt. Die Zahl 772 ist aber nur richtig bei 0° C. und normalem Barometerstande; bei jedem Grade zunehmender Temperatur vermehrt sich das Volumen um das 0,003665fache. Die Zahl 772 erhöht sich also bei wechselnder Temperatur um $(1 + 0{,}003665\,t)$ und im Verhältnis des normalen zu dem wirklichen Barometerstande.

Aber auch die so ermittelte Geschwindigkeit bedarf noch einer Korrektur wegen der Kontraktion der Düse. Diese haben d'Aubuisson, Schmidt und Koch durch sorgfältige Versuche zu ermitteln gesucht. d'Aubuisson fand die Zahl 0,94, die aber nach den Ermittelungen von Schmidt und namentlich denen von Koch etwas zu hoch erscheint. Buff hat aus den Versuchen von Koch diesen Koeffizienten genauer $= 0{,}92\ (4 - 0{,}084\sqrt{M})$ ermittelt, wobei M den Manometerstand in rhein. Zoll Quecksilber bedeutet.

Auf dieser Grundlage läfst sich die Geschwindigkeit des Windes, sowohl des warmen wie des kalten, berechnen. Die Windmenge ist aber gleich der Ausströmungsgeschwindigkeit mal dem Querschnitt [1]).

Über den Einfluſs, welchen der Feuchtigkeitszustand der Luft auf das Luftvolumen ausübt, hat G. G. Schmidt genaue Versuche angestellt und nach den Angaben des hundertteiligen Hygrometers eine Tabelle berechnet [2]).

Da aber die Berechnung der Windmenge in jedem einzelnen Falle für den Praktiker zu umständlich und zeitraubend sein würde, hat man auf Grund der aufgestellten Formeln Tabellen berechnet, welche es dem Techniker sofort ermöglichen, für jede Pressung und Düsenweite die richtige Windmenge zu ermitteln.

Eine umfangreiche Tabelle dieser Art hat von Huene in der Berg- und hüttenmännischen Zeitung vom 28. August 1844 veröffentlicht. Dieselbe giebt nach der von Oberbergrat Althaus in Sayn korrigierten Formel die Windmenge in Kubikfuſs für Pressungen von 0,229 bis 1,375 Pfd. auf den Quadratzoll bei Düsendurchmessern von 1,354 bis 3,025 Zoll. — Tunner hat in seinem „wohlunterrichteten Hammermeister“ eine tabellarische Zusammenstellung der Windmengen

---

[1]) Die genaueren Formeln sind entwickelt von Karsten a. a. O., §. 608 bis 617, Scheerer I, 460 bis 467, Valerius, Roheisenfabrikation, §. 269.

[2]) Siehe Grens n. Journ. d. Physik, IV, 320 und Karsten, l. c., § 611.

Digitized by Google

bei einem Düsendurchmesser von 9 bis 38 Linien und einer Pressung von 1 bis 36 Zoll Wassersäule berechnet.

Von grofsem Interesse sind auch die Erfahrungsresultate über Hochofengebläse, welche Professor Redtenbacher in seinen Resultaten für den Maschinenbau 1848 mitgeteilt hat.

Den Windeffekt, d. h. das Verhältnis der ausgeblasenen zur eingesogenen Luft giebt Scheerer für Cylindergebläse zu etwa 0,9, für Kastengebläse zu etwa 0,8 an.

Über den Krafteffekt der Gebläse sind von vielen Maschineningenieuren Ermittelungen angestellt worden. Derselbe beträgt bei Cylindergebläsen 0,60 bis 0,65, bei hölzernen Kastengebläsen 0,50 bis 0,55, bei Holzbälgen und Lederbälgen 0,40, bei Wassertrommelgebläsen 0,10 bis 0,15. Bei Cagniardellen ermittelte Schwamkrug in Freiberg den hohen Krafteffekt von 0,75 bis 0,85; bei dem Henschelschen Kettengebläse auf der Sollinger Hütte fand Koch denselben zu 0,48.

Über den Krafteffekt der Gebläse und deren Theorie hat Weisbach im dritten Bande seiner Ingenieur- und Maschinenmechanik ausführliche Mitteilungen gemacht.

Die Wirkung des heifsen Windes im Hochofen.

Die chemische Analyse der Hochofengase hatte zwar den Schleier gelüftet, welcher zuvor über die Vorgänge im Innern des Hochofens gebreitet war, aber sie führte doch nicht sofort zur richtigen Erklärung aller Erscheinungen. Dies gilt namentlich hinsichtlich der Wirkung des heifsen Windes im Hochofen. Es ist von Interesse, die Fortschritte des theoretischen Verständnisses desselben, wie es sich in den 40er Jahren vollzog, näher ins Auge zu fassen.

Karsten [1]) erkannte richtig, dafs die Wirkung des heifsen Windes in der lebhafteren Verbrennung im Schmelzraume, welche nur zum Teil auf die gröfsere Pressung zurückgeführt werden kann, liegt. In dieser Zeit hatte sich nämlich eine Gegnerschaft gegen die Winderhitzung gebildet, welche deren Nutzen leugnete und behauptete, dafs die vermeintlichen guten Wirkungen und Ersparnisse nur von der höheren Spannung des heifsen Windes herrühren, dafs man dieselben Wirkungen sogar noch in erhöhtem Mafse erziele, wenn man dem kalten Winde eine stärkere Pressung gebe. Diese Theorie wurde

[1]) In der dritten Auflage seines Handbuches der Eisenhüttenkunde von 1841, §. 699.

Digitized by Google

hauptsächlich von den Hüttenbesitzern in Süd-Wales aufgestellt und verbreitet. Da deren Betrieb aber damals als mustergültig galt und sich durch geringen Kohlenverbrauch auszeichnete, so fand diese Behauptung grofse Beachtung. Dafs dabei in England auch Geldinteressen mit ins Spiel kamen, haben wir früher bereits erwähnt.

Dieselben Ansichten wurden aber auch 1835 von den russischen Ingenieuren Sobolewski und Teploff ausgesprochen und an von ihnen im Ural gemachten Erfahrungen erläutert [1]). Karsten führt dagegen treffend aus, dafs diese Erklärung nur insofern richtig sei, als allerdings bis dahin die meisten Hochöfen mit zu schwacher Pressung betrieben worden seien, stärkere Pressung aber zweifellos eine intensivere Verbrennung hervorrufe, dafs sie aber nicht richtig sei, insofern sie die Wirkung der Winderhitzung leugne. „Es ist keineswegs zu behaupten", sagt er, „dafs durch eine verstärkte Pressung des kalten Windes beim Betriebe der Öfen derselbe Erfolg hinsichtlich des Kohlenverbrauches hervorzubringen sein würde, den die Anwendung des heifsen Windes ergeben hat. Die erhöhte Temperatur hat vielmehr an dem lebhafteren Verbrennen einen wesentlichen Anteil, wie sich aus den Resultaten solcher Öfen ergiebt, bei welchen die Geschwindigkeit des erhitzten Windes nicht gröfser ist, als diejenige, mit welcher der kalte Wind früher in den Schmelzraum strömte."

Als die auffallendste Erscheinung bei der Anwendung des heifsen Windes hebt Karsten hervor, dafs, obgleich durch denselben die Hitze im Schmelzraum sehr gesteigert werde, im Schacht des Ofens keine Erhöhung der Temperatur, sondern sogar eine Abkühlung eintrete, während bei der Anwendung von kaltem Winde eine Erhöhung der Temperatur des Schmelzraumes auch eine Erhöhung der Temperatur des Schachtes zur Folge habe. Dafs diese Abkühlung des Schachtes bei der Anwendung von heifsem Winde eintrete, zeige sich nirgends deutlicher als da, wo man, wie in Schlesien, viel mit zinkischen Ofenbrüchen zu kämpfen habe. Diese Ofenbrüche bilden sich bei heifsem Winde ungleich stärker und schneller als bei kaltem, weil die Temperatur im oberen Teile des Schachtes und in der Gichtöffnung bei heifsem Winde viel niedriger ist als bei kaltem. Es folgt daraus, dafs die Verbrennung bei der Anwendung des heifsen Windes über einen geringeren Raum verbreitet und auf den Schmelzraum beschränkt bleibt, während sie sich bei kaltem Winde weiter ausdehnt und eine

[1]) Siehe Annales des mines 1835, 3. Serie, VII, 583.

Digitized by Google

Verbrennung der Kohlen in der Rasthöhe des Schachtes stattfindet, welche keinen Nutzen hat. In den aufsteigenden Gasen der mit kaltem Winde betriebenen Hochöfen ist noch freier Sauerstoff enthalten, welcher in dem oberen Raume des Ofens mit Kohle verbrennt und dadurch die Reduktion der Erze durch die Kohle beeinträchtigt.

Karstens Darstellung der Wirkung des heifsen Windes stimmt also genau mit dem Ergebnis des Experimentes von Buff und Pfort überein, ohne dafs er die Erscheinung selbst näher begründet. Ebelman hat dagegen die Wirkung des heifsen Windes theoretisch zu erklären versucht, wenn auch nicht mit besonderem Glück. Er nimmt an, dafs die Gebläseluft auf 300° C. erwärmt sei. Zur Verbrennung von 1 Liter Kohlendampf zu 2 Liter Kohlensäure seien 12,490 g Luft erforderlich. Die Wärmemenge, welche nötig ist, diese Luftmenge auf 300° zu erwärmen, beträgt $12{,}49 \cdot 0{,}267$ [1]$) \cdot 300 = 1000$ Wärmeeinheiten, welche $^1/_8$ der durch die Verbrennung zu Kohlensäure erzeugten Wärme ausmachen. Durch die Zuführung der auf 300° erhitzten Luft müfste also $^1/_8$ an Brennmaterial gespart werden. Die gröfsere Abkühlung des Schachtes bei der Anwendung von heifsem Winde erklärt Ebelman aus dem Umstande, dafs bei gleicher Pressung die absolute Gasmenge, welche im Schachte aufsteige, geringer sei als bei kaltem Winde, da sie aber der gleichen Masse Beschickung begegne, so müsse sie eine gröfsere Abkühlung erfahren. Die oben berechnete Ersparnis von $^1/_8$ entspreche in vielen Fällen dem wirklich erzielten Erfolge; wo sie eine gröfsere sei, will er dies aus den günstigeren Verhältnissen, unter welchen die Reduktion im Schacht stattfinde, erklären. Die niedrigere Temperatur sei nämlich hierfür günstiger, weil sie die zu frühe Schlackenbildung verhindere. Demnach beruht nach Ebelman die Brennmaterialersparung im Hochofen bei der Anwendung von heifsem Winde auf zwei Faktoren, auf der Wärmezufuhr und auf der vorteilhafteren Reduktion der Erze.

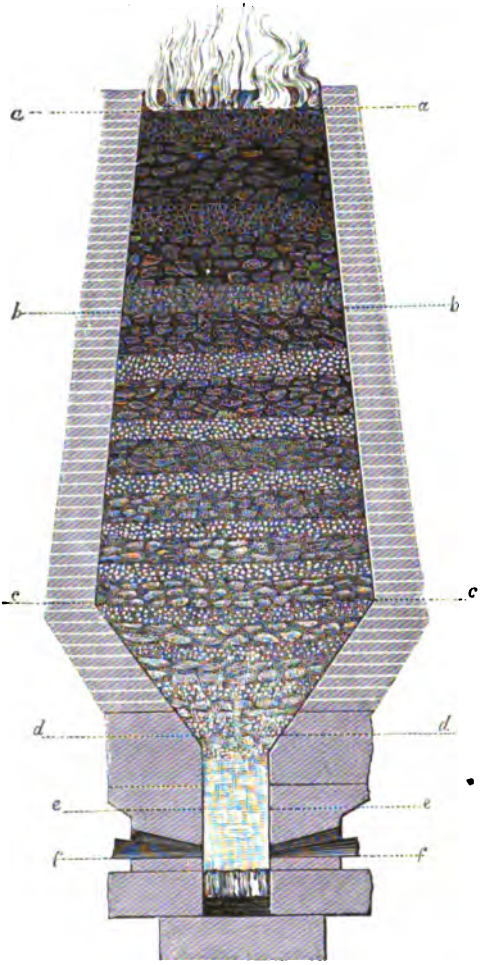
In geistvoller und wissenschaftlicher Weise hat Th. Scheerer die Wirkung des erhitzten Windes erklärt. Scheerer, der zuerst in Zahlen und Formeln die Wichtigkeit des pyrometrischen Wärmeeffektes, d. h. des wirksamen Wärmegrades bei der Verbrennung der verschiedenen Brennstoffe nachgewiesen hat, geht auch bei dieser Untersuchung auf die mathematische Berechnung des pyrometrischen Wärmeeffektes aus. Er weist mit Recht darauf hin, dafs die absolute Wärmezufuhr, welche mit dem auf 200 bis 300° C. erhitzten Winde

[1]) Die specifische Wärme der Luft.

Digitized by Google

in den Ofen gelange, durchaus unzureichend sei, um eine Vermehrung der Produktion von 30 bis 50 Proz. und eine Brennmaterialersparung von 20 bis 30 Proz. zu erklären. Leicht aber erklärten sich diese Thatsachen aus dem pyrometrischen Effekt. Derselbe ist gleich dem absoluten, d. h. gleich der durch die Verbrennung einer Gewichtseinheit Brennstoff erzeugten Wärmemenge, dividiert durch die von den Verbrennungsprodukten entführte Wärmemenge, welche sich als ein Produkt aus deren Menge und deren specifischen Wärme darstellt. Dieser Temperaturgrad wird aber bedeutend erhöht durch die Erhitzung, welche das Brennmaterial im Hochofen erfährt, bevor es in den Verbrennungsraum gelangt. Scheerer hat die so erzeugte Wärme im heifsesten Punkte eines Hochofens, welcher mit Holzkohlen von 3 Proz. Aschengehalt und kalter Luft von 0° betrieben wird, auf 2656° C. berechnet [1]). Wird dagegen Gebläseluft von 300° C. angewendet, so erhöht sich die Verbrennungstemperatur nach der von Scheerer entwickelten Formel auf 2962° C. Es ist dies allerdings nur ein Temperaturzuwachs von 306°, also nur von 6° mehr, als die Windtemperatur beträgt, dennoch übt sie nach Scheerers Erklärung eine grofse Wirkung dadurch aus, dafs sie den Schmelzraum vergröfsert. Dies erläutert Scheerer durch vorstehende Abbildung (Fig. 150). Der Schmelzraum ist als ein kubischer Raum zu betrachten, dessen Kern die höchste Ver-

Fig. 150.



[1]) Siehe Scheerer, Lehrbuch der Metallurgie I, 479.

Digitized by Google

brennungswärme hat, während seine Temperatur nach allen Seiten hin abnimmt. Nach aufsen hin ist der Schmelzraum, der sich als eine Kugel darstellt, umschlossen durch die Temperaturgrenze von 1600° C., welche nach seiner Annahme dem Schmelzpunkte des Eisens entspricht. Wird nun die Verbrennungshitze um n gesteigert, so wird der Radius der Kugel entsprechend vergrösert. Die räumliche Erweiterung der Schmelzzone erfolgt aber im kubischen Verhältnis, indem die Schmelzräume sich verhalten wie $(ab)^3 : (ac)^3$. Aufserdem erhöht sich aber auch die mittlere Temperatur des Schmelzraumes durch die Steigerung der Verbrennungswärme, wodurch ebenfalls eine beträchtliche Vermehrung der Wirkung innerhalb derselben hervorgebracht wird. Die Erhöhung des durch den heifsen Wind herbeigeführten Effektes liefse sich daraus berechnen und mit der Wirklichkeit vergleichen. Man benutzt aber, wie Scheerer mit Recht hervorhebt, die effektvermehrende Wirkung der erhitzten Gebläseluft niemals auf die Weise, dafs man dieselbe Brennmaterialmenge unverändert beibehält, sondern man bricht am Brennmateriale entsprechend der gröfseren Wirkung des heifsen Windes ab. Man ist also nicht in der Lage, die Schmelzeffekte unmittelbar vergleichen zu können, sondern man mufs mit der vermehrten Produktion zugleich die Brennmaterialersparnis (b) mit in Rechnung ziehen. Wäre die letztere $^1/_4$ und betrüge die Vermehrung der Produktion (c) $= 1^1/_2$, so ist der Effekt des heifsen Windes $= \frac{1^1/_2}{(1 - {}^1/_4)} = 2$. Scheerer drückt diesen Effekt durch die allgemeine Formel $E = \frac{c}{1 - b}$ aus, welche der Wirklichkeit nahe kommt, wenn der erfahrungsmäfsige Effekt auch meist hinter dem berechneten zurückbleibt. Dies erklärt sich hauptsächlich aus dem Wärmeverluste, welcher durch die Ausdehnung der Luft beim Eintritt in den Hochofen stattfindet, und führte Scheerer zur Korrektur einen Koeffizienten, der von dem Barometer- und Manometerstande abhängig ist, ein.

Der Hochofenbetrieb 1831 bis 1850.

Die Vorbereitung der Erze.

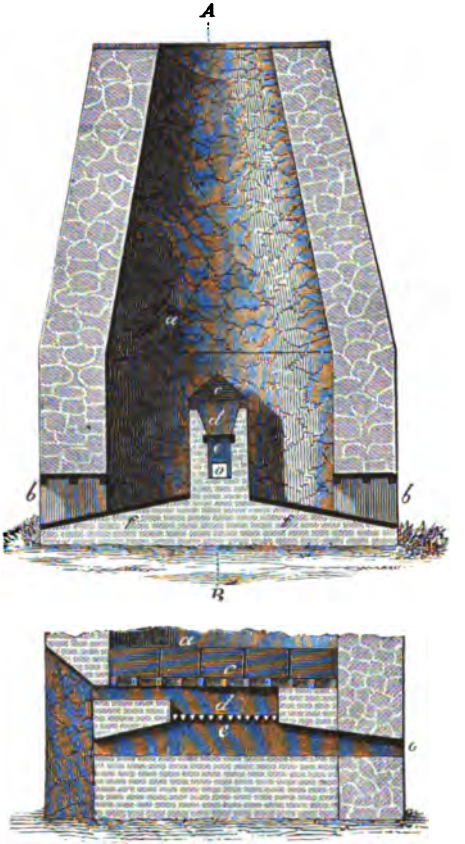
Zum Verwaschen der Erze, das besonders für die thonhaltigen zweckmäfsig war, verwendete man in dieser Zeit bereits Läutertrommeln, wie dies auf der Eisensteingrube zu Horhausen im Saynischen geschah. Hier hatte man lange Siebtrommeln, deren Peripherie aus einem Gitter

Digitized by Google

von eisernen Stäben gebildet war und in deren Innern eine Schneckenwindung angebracht war, um die Fortbewegung des Erzes zu erleichtern [1]).

Von verbesserten Konstruktionen der Röstöfen sind besonders die schwedischen Flammröstöfen, Fig. 151, zu erwähnen, bei welchen die Feuerung im Ofen lag. Das Feuer brannte auf einem in der Mitte eingebauten Rost und war durch einen dachförmigen, aus massiven, zusammengelegten Gufsstücken bestehenden Überbau *c*, den „Schweinerücken" („Griseryg"), geschützt. Als Brennmaterial verwendete man in Schweden und Norwegen Kloben- und Scheitholz.

Fig. 151.



Seit der Mitte der 40er Jahre kamen Gasröstöfen in Schweden auf, welche mit Hochofengasen geheizt wurden. Fig. 152 (a. f. S.) zeigt die Einrichtung eines 1848 zu Tenninge in Stora Kopparbergs Lån erbauten Gasröstofens [2]).

Die Gase traten durch *G* ein, verteilten sich in dem Ringkanale *e* und traten durch die Öffnungen *m m* in den Ofen ein. Die Luft trat durch die drei Ziehöffnungen *M M* zu.

Einen eigentümlichen kegelförmigen Rost, Fig. 153 (a. f. S.), hatten die Schachtröstöfen auf dem Eisenhüttenwerke zu Neudeck in Böhmen [3]).

In Rufsland gewann die Röstung schwefelkieshaltiger Erze mit Wasserdämpfen ziemliche Verbreitung. Sie war zuerst 1843 in

---

[1]) Siehe Karsten, a. a. O., Tab. II, Fig. 1 bis 3.

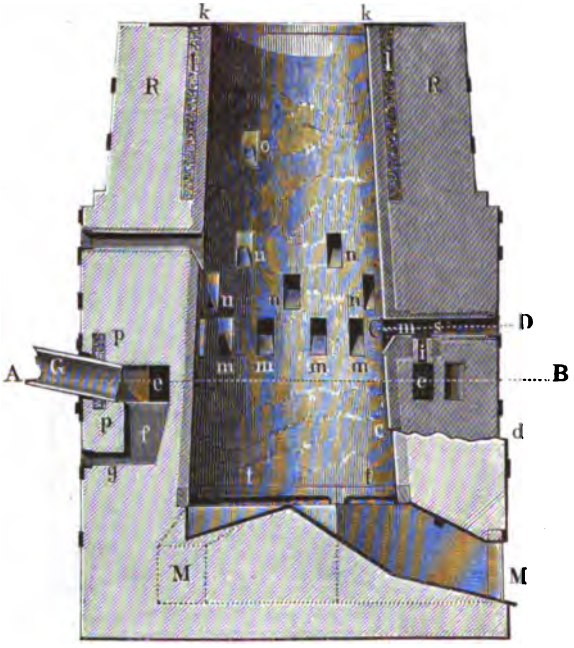
[2]) Siehe Th. Scheerer, Metallurgie II, 178, Fig. 146a, und Tunner, Berg- und hüttenm. Jahrbuch, II, 207.

[3]) Siehe Weniger, der praktische Schmelzmeister, S. 28; Scheerer, a. a. O., II, 74.

Digitized by Google

Russisch-Finnland auf dem Eisenwerke Dals-Bruck auf Vorschlag des Oberintendanten des finnländischen Bergwesens von Nordenskjöld eingerichtet worden und hatte sich sehr bewährt. Seit der Zeit bediente man sich des Dampfröstens sowohl in Finnland, als auch im Ural. Man verwendete dabei Flammröstöfen, und zwar anfangs die Rumfordschen (1843 zu Dals-Bruck in Finnland), welche den in Creusot eingeführten, Fig. 58, ähnlich waren, später die Nordenskjöldschen, welche den Öfen Fig. 151 glichen, die Nordenskjöld 1845 dem Zweck entsprechend eingerichtet hatte. Über dem Schweinerücken lief ein Dampfrohr mit zahlreichen seitlichen Löchern her, welches oben durch ein zweites eisernes Dach geschützt war [1]).

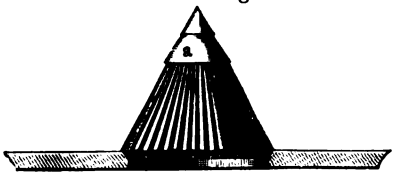
Fig. 152.



Als Feuerungsmaterial wendete man sowohl Holz als Hochofengase an. 1848 wurde auch zu Moravitza in Österreich das Rösten mit Wasserdampf eingeführt.

Die Hochofengichtgase hatte man bekanntlich schon früher in sehr primitiver Weise zum Rösten der Erze verwendet. In verbesserter Form geschah dies in überwölbten, von allen Seiten geschlossenen Herden, auf welchen die Erze ausgebreitet erhitzt wurden. Die Gichtflamme trat auf der einen schmalen Seite des Ofens ein, strich über den Herd hin und wurde auf der entgegengesetzten schmalen Seite abgeleitet. Karsten empfahl (§. 452) dieses Verfahren als besonders zweckmäfsig und ökonomisch, während

Fig. 153.



[1]) Siehe Scheerer, a. a. O., Fig. 130 a u. b.

Digitized by Google

Scheerer die Flammröstöfen mit Dampfzuleitung, wie oben beschrieben, vorzog [1]).

Als Fluſs oder Zuschlag empfahl Karsten (§. 457) sehr den Fluſsspat, der aber seiner Seltenheit wegen nur eine beschränkte Anwendung gestattete. Auch ist nach Karsten für Erze, welchen keine Bittererde beigemengt ist, Dolomit anstatt Kalkstein vorzuziehen, um eine polybasische Schlacke zu bilden.

Der Hochofenbau 1831 bis 1850.

Für die Roheisendarstellung und den Hochofenbetrieb war die Anwendung der erhitzten Gebläseluft das wichtigste Ereignis dieser Periode. Auf den Bau und die Konstruktion der Hochöfen hat dieselbe einen unmittelbaren Einfluſs kaum ausgeübt. Es war gerade ein besonderer Vorzug dieser neuen Erfindung, daſs sie sich ohne bauliche Veränderungen an jedem bestehenden Hochofen anwenden lieſs, und eben dieser Umstand hat zu ihrer raschen Ausbreitung wesentlich beigetragen.

Der heiſse Wind erzeugte eine gröſsere Hitze im Schmelzraume und konzentrierte die Wärme unmittelbar vor den Formen. Hierdurch wurde allerdings, wie Karsten erwähnt, eine weitere Zustellung des Gestelles statthaft, vorausgesetzt, daſs die Pressung stärker war, als das für das angewendete Brennmaterial erforderliche Minimum. Mehr noch wie früher wurden die hohen Obergestelle überflüssig, denn der heiſse Wind war, wie Karsten sich ausdrückt, der Stellvertreter der hohen Obergestelle. Dieselben waren sogar nachteilig, insofern sie durch die gesteigerte Hitze rasch zerstört wurden. Aber nur ganz allmählich übte die Anwendung des heiſsen Windes auf die Zustellung der Hochöfen einen Einfluſs aus.

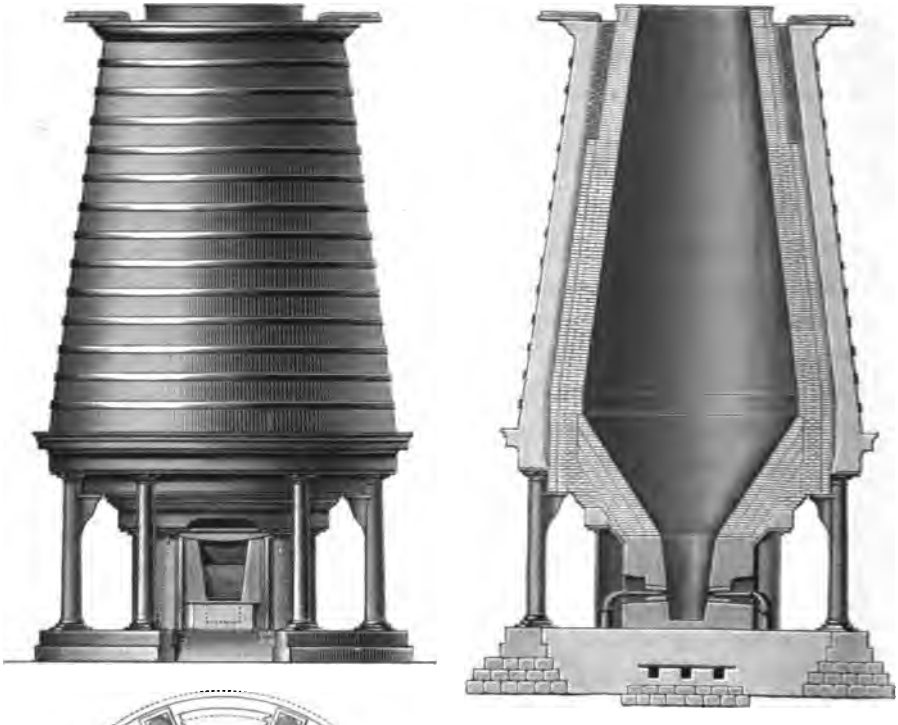
Dagegen war die Wirkung desselben auf den Betrieb eine sehr bedeutende. Sie äuſserte sich in der Zunahme der Produktion, in der Erhöhung des Erzsatzes, in der flüssigeren Schlacke und in der Erleichterung der Arbeiten im Gestell. Der heiſse Wind machte die Anwendung von Wasserformen nötig. Auch eine bessere Windverteilung durch die Zustellung der Hochöfen mit drei Formen kam in dieser Zeit mehr und mehr zur Einführung. Die Zugänge zu den Formen bildeten entweder gewölbte Aussparungen im Rauhmauerwerk oder namentlich bei gröſseren Hochöfen ein treppenförmig aufsteigendes System von guſseisernen Balken, sogenannten Trageisen (marâtres),

[1]) Scheerer, a. a. O., II, 79.

Digitized by Google

auf denen das obere Rauhmauerwerk ruhte. Seit der Einführung des heifsen Windes und einer gröfseren Zahl von Windformen ging man auch dazu über, das Gestell freistehend zu machen, so dafs es von

Fig. 154.



allen Seiten zugänglich war und den Schacht auf einem Kranze von gufseisernen Platten, die auf Tragsäulen ruhten, aufzubauen. Zu Hayange (Moseldepartement) baute de Wendel den ersten Ofen dieser Art auf dem Kontinente, Fig. 154, derselbe stand seit 1838 im Betriebe [1]). Das Gestell war von einem Panzer von Gufsplatten umkleidet. Der Ofenschacht hatte nur ein verhältnismäfsig schwaches Rauhgemäuer, das durch eiserne Ringe zusammengehalten war. Das Gestell dieses Ofens war aus Masse gestampft [2]).

[1]) Siehe Karsten, Handbuch der Hüttenkunde, V, 95, Tab. XIX, Fig. 1, 2 u. 4.
[2]) Overman, The manufacture of iron 1851, p. 177.

Digitized by Google

Die Höhe des Gestelles richtete sich nach Karsten nach der Höhe des Ofens, sie war zwischen 1,25 und 2,04 m abweichend. Niedrige, 5,0 bis 6,27 m hohe Öfen erhielten wohl ein 1,25 m hohes Gestell; bei 7,53 und 9,42 m hohen Öfen pflegte man es 1,57 bis 1,73 m hoch zu machen. Noch höheren Öfen gab man 1,88 m hohe Gestelle und bei Koksöfen pflegten sie oft 2,04 m hoch zu sein. Höhere Gestelle bewirkten im allgemeinen immer ein reineres Schmelzen, eine gröfsere Hitze, lieferten ein graueres Eisen und gewährten eine gröfsere Kohlenersparung. Die Schmelzbarkeit der Erze war dabei aber wesentlich mitbestimmend.

Hochofenbetrieb.

Um das Einrücken der Gichten in das Gestell zu erleichtern, machte man es oben weiter und zwar für gewöhnlich oben ein Dritteil weiter als unten. Für die Weite des Gestelles war aufser der Schmelzbarkeit der Erze, die Art des Eisens, welche man darstellen wollte, die Beschaffenheit des Brennmaterials, Menge und Pressung des Windes und Anzahl der Formen mafsgebend.

Die Reduktion der Erze mufs vollständig erfolgt sein, wenn die Schichten in den Schmelzraum treten, indem in diesem bei der hohen Temperatur nicht mehr Reduktion, sondern Verschlackung eintreten würde. Tritt die Beschickung richtig vorbereitet in den Schmelzraum ein, so zwingt ein höheres Obergestell zu längerem Verweilen in demselben, wodurch die Umwandlung des weifsen Roheisens in graues unter Aufnahme von Silicium befördert wird. Die Vorbereitung der Schmelzmasse findet in dem Ofenschachte statt. Je höher der Schacht ist, je besser mufs die Vorbereitung sein und je günstiger müfste der Prozefs verlaufen, wenn nicht die zunehmende Höhe des Schachtes gleichzeitig das Ausströmen der Gase aus der Gicht erschwerte. Die vorteilhafteste Höhe des Schachtes wird daher diejenige sein, bei welcher die Beschickung in gleichmäfsig zunehmendem Grade von der Gicht bis zur Form erhitzt wird und bei welcher die durch den Verbrennungsprozefs erzeugten Gasarten noch leicht den Ausweg aus der Gicht finden. Die Verminderung der Höhe des Schachtes ist von der Menge und der Pressung des Windes einerseits, von seiner Verteilung, von der Natur des Brennmaterials und dem Aggregatzustande der Beschickung andererseits abhängig. Die Weite des Schachtes, insbesondere des Kohlensackes, steht in enger Beziehung zu seiner Höhe. Die Weite des Kohlensackes kann nach Karsten bei niedrigen Schächten ohne Nachteil $^2/_5$ und bei hohen Schächten $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Höhe des Schachtes

Digitized by Google

betragen. Die gröfsere Weite des Schachtes kann bis zu einem gewissen Grade die gröfsere Höhe desselben ersetzen.

Die Beschickung bedarf zu ihrer Vorbereitung einer gewissen Zeit. Das Verweilen in den einzelnen Teilen des Schachtes mufs ein der Natur der Beschickung und dem zu erzielenden Produkte entsprechendes sein. Von grofsem Einflufs ist der Rastwinkel. Weniger giebt in seinem praktischen Schmelzmeister an, dafs nach seiner Erfahrung der Kohlenverbrauch bei Rastwinkeln von 65°, 55°, 45°, 25° sich verhalte wie $3^1/_4$, $2^1/_4$, $1^1/_2$, $1^1/_8$. Doch kamen hierbei jedenfalls noch andere Umstände mit in Betracht.

Die Analysen der Hochofengase haben über die Vorgänge in den verschiedenen Ofenhöhen Licht verbreitet. Es hat sich bestätigt, dafs die Trocknung, Röstung, d. h. die Austreibung des chemisch gebundenen Wassers und der Kohlensäure, sodann die Reduktion, hierauf die Kohlung und endlich die Schlackenbildung und Schmelzung in verschiedenen aufeinanderfolgenden Tiefen des Hochofens von der Gicht aus vor sich gingen. Scheerer hat deshalb den Inhalt des Hochofens der Höhe nach in fünf Zonen (s. Fig. 155, S. 511) eingeteilt: 1. die Vorwärmezone *ab*, 2. die Reduktionszone *bc*, 3. die Kohlungszone *cd*, 4. die Schmelzzone *de*, und 5. die Oxydations- oder Verbrennungszone *ef*.

In der Vorwärmezone findet die Trocknung der Beschickung und die Austreibung des hygroskopischen Wassers statt. Hier herrscht eine niedrige Temperatur, deren untere Grenze etwa 400° beträgt. Bei dieser Temperatur beginnt die Reduktionszone, welche den gröfsten Raum des Hochofens einnimmt. Die Reduktion zerfällt wieder in zwei Vorgänge: 1. in die Reduktion des Oxyds zu Oxydul, oder zu einer dem Hammerschlag analogen Sauerstoffverbindung des Eisens ($\dot{F}e^6.\ddot{F}e$); 2. in die Reduktion dieses Oxyduls zu metallischem Eisen. So lange noch unreduziertes Oxydul vorhanden ist, kann die Kohlung des Eisens kaum beginnen und findet jedenfalls nur sehr langsam statt.

Ebelman[1]) untersuchte Erzstücke, welche er mittels einer besonderen Vorrichtung dem Kohlensacke zweier Hochöfen entnahm. Diese Erze hatten die folgende Zusammensetzung: A ist das Erz im rohen Zustande, B in dem Zustande, wie es dem Kohlensacke entnommen worden war.

---

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, XVI, 582.

Digitized by Google

		Erz von Laissey	Erz von La Chapelle
A.	Eisenoxyd	36,2	59,6
	Wasser	10,0	15,0
	Thonerdesilikat	16,6	25,4
	Kohlensaurer Kalk	36,8	—
		99,8	100,0
B.	Eisenoxydul	30,2	35,0
	Metallisches Eisen	10,0	26,7
	Thonerdesilikat	22,0	37,5
	Kaustischer Kalk	37,4	—
		99,6	99,2

Das an der Oberfläche der Erzstücke befindliche metallische Eisen zeigte sich vollkommen geschmeidig; beim Erze von Laissey schien es durchaus frei von Kohle zu sein, während es beim Erze von La Chapelle einen geringen Kohlengehalt (etwa wie Stabeisen) besafs. Die beiden Erzstücke waren, obgleich derselben Ofenhöhe entnommen, in einem verschiedenen Stadium der Reduktion. Das Erz von Laissey, welches sich weniger weit vorgeschritten zeigte, war in gröfseren Stücken aufgegeben worden. Es hatte seine Kohlensäure vollständig verloren, doch hatte die Entwickelung desselben nach Ebelmans Ermittelung nur wenige Fufs über dem Kohlensacke erst begonnen. Die im Kohlensack herrschende Temperatur betrug ungefähr 1000 bis 1200° C.

Auf die Reduktionszone folgt die Kohlungszone, welche nach Scheerers Annahme sich vom Kohlensack bis in die Nähe des untersten Rastendes erstreckt. Er definiert diese Zone genauer als den Raum, in welchem kein oxydiertes Eisen mehr vorhanden ist, und die Kohlung ohne Schmelzung vor sich geht. In demselben soll nicht blofs Kohlenoxydgas, sondern auch Cyankalium und — wenigstens in manchen Fällen — auch freies Cyan als kohlendes Gas vorhanden sein. Diese Zone findet ihre Grenze bei der Schmelztemperatur des gekohlten Eisens bei etwa 1600° C. Das gekohlte, aber noch nicht geschmolzene Eisen ist von stahlartiger Beschaffenheit, ähnlich dem Cementstahl. Dem entsprechend fand Lossen in dem Hochofen der Michelbacher Hütte in Nassau, dafs dichte Roteisensteinstücke, mit gänzlicher Beibehaltung ihrer äufseren Gestalt, zu einer stahlartigen Masse umgewandelt worden waren [1]). Die reduzierte und teilweise

[1]) Wöhlers und Liebigs Annalen, Bd. 47, S. 150.

Digitized by Google

gekohlte Masse tritt nun in die Schmelzzone, in welcher eine Temperatur von 1600 bis 1700° C. und darüber herrscht. Hier findet das Schmelzen der Schlacke und des Eisens fast gleichzeitig statt. Hat das Eisen Gelegenheit, bei hoher Temperatur längere Zeit in diesem Raume zu verweilen, so tritt eine Übersättigung mit Kohlenstoff ein, welche eine Ausscheidung von Graphit beim Erstarren zur Folge hat. In dieser Zone ist die Temperatur so hoch, dafs vorhandenes Kaliumoxyd reduziert wird, was zur Bildung von Cyan aus der weifsglühenden Kohle und dem Stickstoff der Luft Veranlassung giebt.

Die Oxydations- oder Verbrennungszone ist im Vergleich zu den übrigen Zonen nur von sehr geringem Umfange. Die Gründe hierfür haben wir oben schon angeführt. Kurz vor der Form findet die Verbrennung der Kohle zu Kohlensäure mit sehr hoher Wärmeentwickelung (über 2500° C.) statt. Aufserhalb dieses Fokus findet aber die Reduktion der gebildeten Kohlensäure durch glühende Kohle zu Kohlenoxydgas statt, was mit einer bedeutenden Temperaturerniedrigung verbunden ist. Während sich nach Scheerers Berechnung das Temperaturmaximum auf 2650° C. beläuft, beträgt der Hitzgrad an der nicht weit davon entfernten Grenze gegen die Schmelzzone nur noch 1670° C.

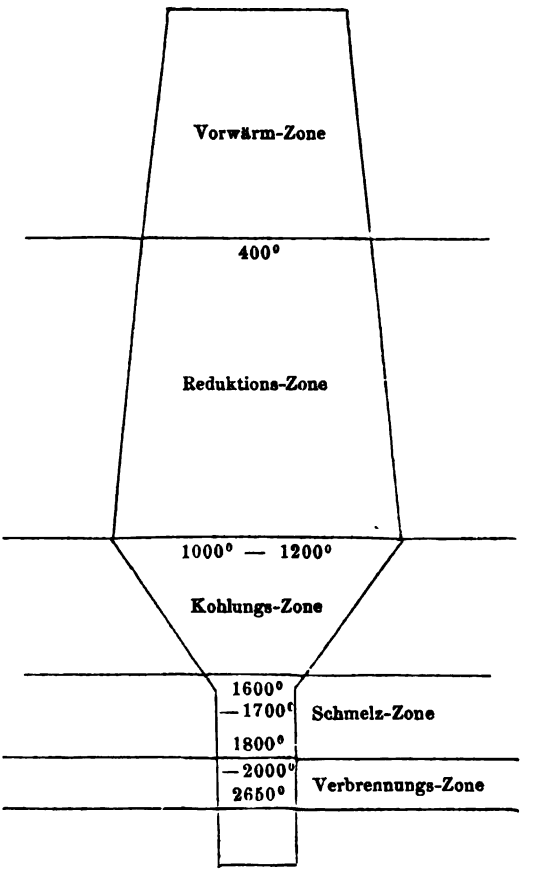
Welchen grofsen Einfluſs der heifse Wind gerade auf die Verbrennungszone ausübt, ist S. 501 auseinandergesetzt.

Fig. 155 giebt die schematische Darstellung Scheerers mit den eingeschriebenen Temperaturgrenzen. Dafs die Vorgänge im Hochofen nicht mit der Regelmäfsigkeit vor sich gehen, wie sie Scheerers Zonentheorie darstellt, ist leicht einzusehen. Schon die Gasanalysen haben bewiesen, dafs die Gase, welche man von verschiedenen Punkten der gleichen Tiefe entnahm, nicht gleich zusammengesetzt waren. Die von Ebelman in gleicher Tiefe entnommenen Erzstücke, deren verschieden vorgeschrittene Reduktion die Analyse ergab, beweisen dasselbe. Die Beschickung sinkt durchaus nicht gleichmäfsig von der Gicht abwärts. Die Form des Hochofens bedingt schon, dafs die mittlere Schmelzsäule, entsprechend dem Querschnitt vor den Formen, rascher nach unten sinkt. Infolgedessen sinkt das Schmelzen in der Mitte rascher; statt der geraden Fläche rücken die Gichten in einer nach unten ausgebauchten Fläche vor. Dies bewirkt, dafs die gröberen, schwereren Erzstücke nach der Mitte rollen und sich durch das leichtere Brennmaterial, das sie nach den Seiten schieben, durchdrücken. Hierdurch entsteht das sogenannte Vorrollen der Erze. Die Gase dagegen, welche an den Seiten des sich erweiternden

Digitized by Google

Schachtes weniger Widerstand finden, weil hier die Schmelzmasse lockerer liegt, nehmen ihren Weg mehr den Ofenwänden entlang, während sie in der Mitte, wo die Masse dichter und der Druck stärker ist, mit geringerer Geschwindigkeit aufsteigen. Dies alles bewirkt schon bei regelmäfsigem Gang, dafs die Vorbereitung der Erze in gleichen Horizontalschnitten eine ganz ungleiche sein mufs, indem sie in der Mitte viel weniger vorgeschritten ist als an den Seiten. Dazu kommt noch, dafs jedes Erzstück ein Individuum ist, welches auch bei gleichen Bedingungen seine besondere Zeit bis zur Vollendung der Vorbereitung beansprucht.

Fig. 155.



Trotz alledem hat Scheerers Zonentheorie ihren pädagogischen Wert gehabt, indem es ein bequemes Mittel für Gedächtnis und Anschauung war, einen im ganzen richtigen Überblick der verschiedenartigen Vorgänge im Hochofen zu bekommen. Aus diesem Grunde wurde diese Theorie von den Zeitgenossen auch mit Beifall aufgenommen.

Das relative Verhältnis der Gröfse der Zonen untereinander ist selbstverständlich von grofsem Einflusse auf den Gang des Hochofens und Scheerer hat dies näher ausgeführt, doch lassen sich daraus noch keine genügenden Anhaltspunkte gewinnen zur Konstruktion eines Hochofens in einem bestimmten Falle.

Man war hinsichtlich der zweckmäfsigsten Ofenform auf die Erfahrung hingewiesen. In England bewährte sich die Tonnenform sehr, welche zuerst in Dundyvan in Schottland eingeführt worden

Digitized by Google

war und sich von da nach Staffordshire verbreitete. John Gibbons[1]) trat schon 1839 eifrig für diese Ofenform ein. Für die zweckmäfsigsten Ofendimensionen liefsen sich nur gewisse Grenzwerte festsetzen. Danach soll der Durchmesser des Kohlensackes 0,20 bis 0,33 der inneren Ofenhöhe betragen; die Höhe des Kohlensackes über dem Bodenstein 0,25 bis 0,33 bis 0,40 der Schacht- resp. Ofenhöhe, je nachdem man leichte Beschickung mit schwächerem Winde, oder schwere Beschickung mit stärkerem Winde zu verschmelzen hatte. Für den Rastwinkel machte Walther de St. Ange folgende Angaben: für Koks bei starkem Winde und strengflüssiger Beschickung 60 bis 65°, bei leichten Koks und mittlerer Schmelzbarkeit 55°, bei Holzkohlen und leicht flüssiger Beschickung 35 bis 40°.

Der Durchmesser der Gicht wurde zu 0,08 bis 0,15 der Schachthöhe angenommen, er blieb also unter der Hälfte des Kohlensackdurchmessers. Kokshochöfen bedurften weiterer Gichten als Holzkohlenöfen und es war ein Fehler, in den man bei der Einführung des Koksbetriebes in Frankreich verfiel, dafs man die Gichten oft zu eng machte. Blackwell gab seinem Hochofen zu Russels Hall 1843 schon eine Gichtweite von 2,8 m.

Die Mafse des Gestelles waren am meisten verschieden nach Art der Erze und des zu erblasenden Eisens.

Theoretisch gab es wohl für jeden praktischen Fall eine vollkommenste Ofenform, aber die Bedingungen und Kombinationen waren zu mannigfaltig, um dafür sichere Regeln oder gar mathematische Formeln aufstellen zu können. Es war deswegen immer noch der zweckmäfsigste Weg, möglichst viele praktische Beispiele zu sammeln und vergleichend zusammenzustellen, wie dies namentlich Karsten (§§. 651 und 652), sowie Walther de St. Ange und Leblanc, Flachat, Barrault, Petiet (Pl. V bis VII) und Valerius in ihren angeführten Werken gethan haben. John Gibbons, der vortreffliche Hochofeningenieur von Süd-Staffordshire, hat es versucht, aus den Profilen ausgeblasener Hochöfen einen Normalofen zusammenzustellen. Nebenstehende Zeichnung (Fig. 156) stellt dieses Normalprofil mit englischen Mafsen dar, welches für die Hütten in Staffordshire allerdings seine Berechtigung hatte.

Eine Neuerung bei den Hochöfen, die Eisen für Gufswaren erster Schmelzung lieferten, waren die Stich- und Schöpfherde. Beide hatten den Zweck, das Schöpfen des Gufseisens aus dem Vorherde,

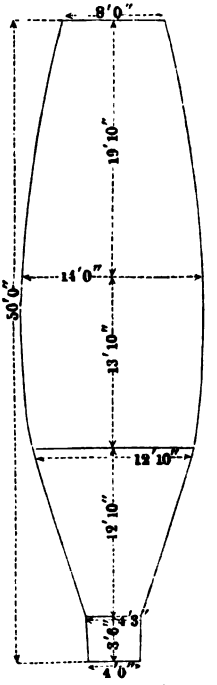
[1]) Siehe J. Percy, Iron and Steel, p. 476.

Digitized by Google

was immer mit grofser Abkühlung für das Ofengestell verbunden war, unnötig zu machen.

Der Stichherd bestand in einer abgeänderten Konstruktion des Walles oder Dammes. Statt des Wallsteines führte man eine senkrechte gemauerte Wand auf, welcher man durch eiserne Verankerungen und dadurch, dafs man die Abstichöffnung mit einer gegossenen eisernen Platte verband, eine gröfsere Stabilität erteilte. In dieser Platte waren mehrere Stichöffnungen in verschiedener Höhe angebracht, aus welchen man das Eisen laufen lassen konnte. Einen solchen Stichherd hatten Lossen 1840 auf der Michelbacher Hütte und Pfort 1843 zu Veckerhagen eingerichtet.

Fig. 156.

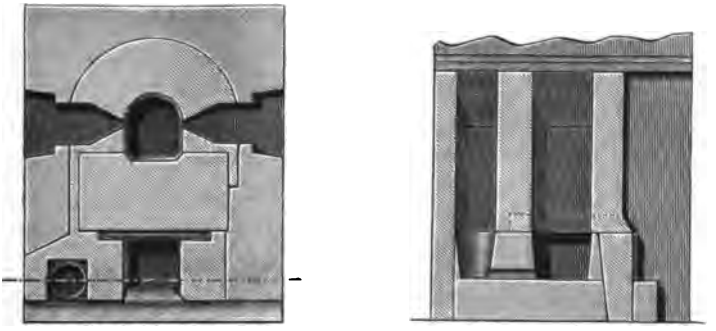


Der Schöpfherd war ein mit dem Vorherde kommunizierender Tiegel aufserhalb des Ofens, Fig. 157, wodurch die starke Abkühlung des Herdes bei dem Ausschöpfen aus demselben vermieden werden sollte.

Der Verbindungskanal war am Boden des Vorherdes angebracht und führte in den seitlich gelegenen Schöpfherd. In diesem stieg das flüssige Roheisen in dieselbe Höhe wie im Vorherd, und konnte man hieraus schöpfen, ohne den Vorherd zu öffnen.

Zu Malapane in Schlesien wurde ein solcher Schöpfherd 1828 eingerichtet und 1832 in Karstens Archiv von dem Hüttenmeister

Fig. 157.



Wachler beschrieben. Schon seit Jahren hatte man auf der gräflich Renardschen Eisenhütte zu Collonowska einen Schöpfherd, welcher

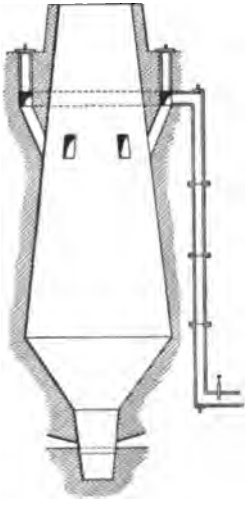
Digitized by Google

auf der Rückseite des Hochofens lag und bei dem die Kommunikation durch den Rückstein hergestellt war; es war hier also gewissermafsen ein doppelter Vorherd angebracht. Zweckmässiger war aber die Anordnung, wie oben angegeben, und kamen diese Schöpfherde in den 30er Jahren vielfach in Aufnahme, so z. B. zu Wartenberg, Rübeland, Sayn und zu Niederbronn.

Payen berichtet[1]) über sein auf der Hütte zu Brazey (Côte d'Or) angewendetes Verfahren, auch das Schachtfutter zwischen Schablonen aus Masse zu stampfen. Zur Haltbarkeit sei dabei eine sorgfältige Verankerung und Ventilierung des Rauhmauerwerkes durch Abzugskanäle notwendig.

Gegen Ende der 30er Jahre kam in Schottland und in den östlichen Distrikten Englands eine neue Konstruktion der Hochöfen in Aufnahme, welche darin bestand, dafs gufseiserne Säulen oder Ständer an Stelle der gemauerten Pfeiler des Ofenstockes traten. Auf diesen Säulen lagen gufseiserne Tragkränze, welche das schwache Rauhmauerwerk, welches aber durch einen Blechmantel oder eiserne Reifen gehalten wurde, trugen. Diese Öfen wurden unter dem Namen schottische Hochöfen bekannt. Einen Ofen dieser Art, welcher zu Hayange im Moseldepartement schon im Jahre 1838 im Betriebe stand, haben wir bereits, Fig. 154, abgebildet.

Fig. 158.



Dafs die Anwendung des erhitzten Windes die Einführung der Wasserformen zur Folge hatte, wurde schon wiederholt erwähnt.

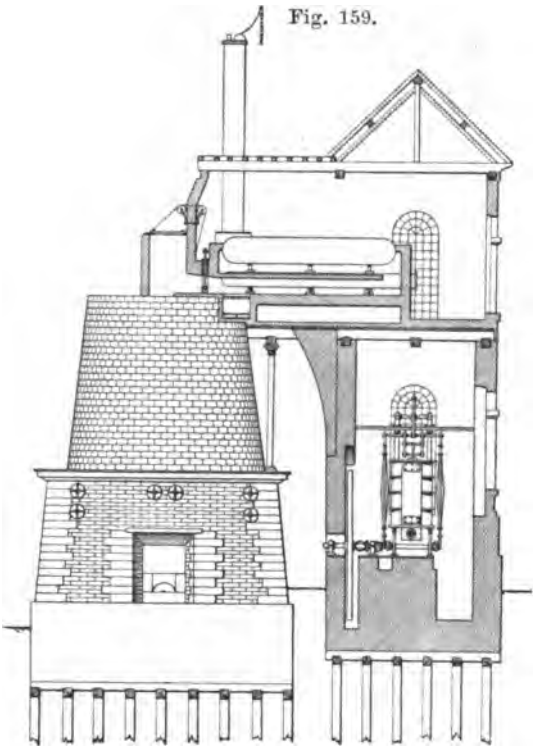
Die Benutzung der Gichtgase zur Feuerung führte zu neuen Einrichtungen. Faber du Faur leitete zuerst die Gase nur durch einen einfachen Kanal, der dicht unter der Gicht angebracht war, ab (Fig. 110). Nachdem er gefunden hatte, dafs die Gase aus gröfserer Tiefe mehr Brennstoff enthielten, legte er seinen Abzugskanal tiefer an (Fig. 159). Dies war noch mehr der Fall, als er die Gase auf die Hüttensohle leitete und sie hier in Flammöfen verbrannte. Bei dem Hochofen zu Neu-Joachimsthal traf er die nebenskizzierte Anordnung (Fig. 158). Durch sechs rechtwinklige Abzugskanäle, welche steil nach oben geführt waren, so dafs sie nicht leicht von der niedergehenden Beschickung

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, XVIII, 433.

Digitized by Google

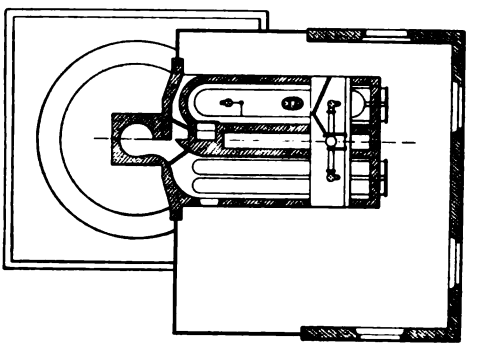
verstopft werden konnten, wurden die Gase in einen ringförmigen Sammelkanal, welcher im Rauhgemäuer des Hochofens eingebaut war, zusammengeleitet, um von hier durch das Abzugsrohr nach unten geführt zu werden. Bei dieser Art der Ableitung der Hochofengase blieb die Gicht frei, und der Betrieb des Ofens wurde nicht gestört. Dagegen wurde aber auch nur der kleinere Teil der im Ofen entwickelten Gase aufgefangen.

Fig. 159.



Man ging mit der tiefen Ableitung der Gase nicht selten zu weit. Faber du Faur gab eine Tiefe von $^3/_{10}$ der Ofenhöhe als die beste an. Er leitete die Gase bei den Hochöfen zu Wasseralfingen und zu Neu-Joachimsthal, die etwa 32 Fuſs hoch waren, 10 Fuſs unter der Gicht ab. In der letzten Periode des Gasofenbetriebes zu Wasseralfingen wurden die Gase bei dem Wilhelmsofen 19 Fuſs unter der Gicht abgefangen, was zur Folge hatte, daſs die Gase bei ihrer Verbrennung zwar eine gröſsere Hitze entwickelten, der Kohlenverbrauch im Hochofen sich aber namhaft erhöhte und Störungen im Gange des Ofens häufiger vorkamen.

Fig. 160.



Solche Störungen gaben Veranlassung, die Gasableitung bei den Hochöfen überhaupt für nachteilig zu halten, und Scheerer sagt 1848, man sei durch vielfache Erfahrung zu der Überzeugung gelangt, daſs

Digitized by Google

die Ableitung der Gichtgase aus einem Eisenhochofen nicht geschehen könne, ohne den guten Gang des Hochofens mehr oder weniger zu beeinträchtigen.

Auf der Hütte zu Niederbronn bediente man sich seit 1837 der Hochofengase zur Feuerung einer Dampfkesselanlage (Fig. 159, 160, a. v. S., und 161). Die Gasabführung geschah in derselben Weise wie zu Wasseralfingen. Über der Gicht befand sich aber ein gemauerter Gichtmantel, den man so einrichtete, dafs man ihn durch einen Deckel verschliefsen konnte, wodurch man die sämtlichen Gase unter die Kessel führen konnte. Dies geschah wenigstens bei dem von Eugène Flachat beschriebenen Versuche, durch welchen festgestellt wurde, dafs die Gase bei ihrer Verbrennung 0,242 der Wärmemenge der im Hochofen verbrennenden Kohle entwickelten. Hier begegnen wir bereits dem Gedanken, die ganze entwickelte Gasmenge aufzufangen.

Fig. 161.

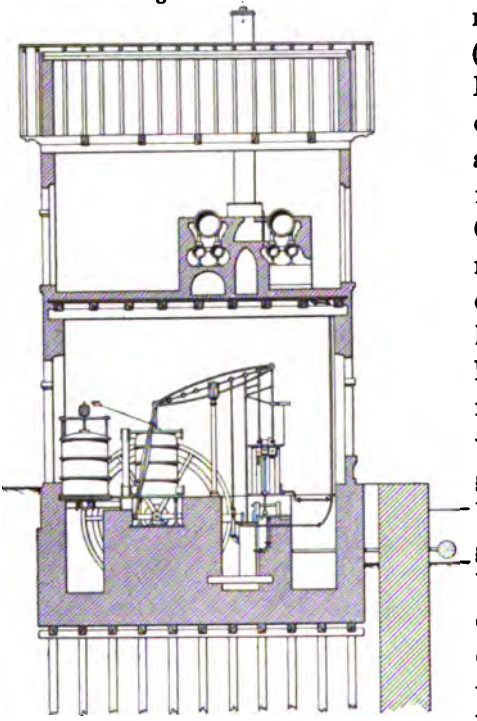
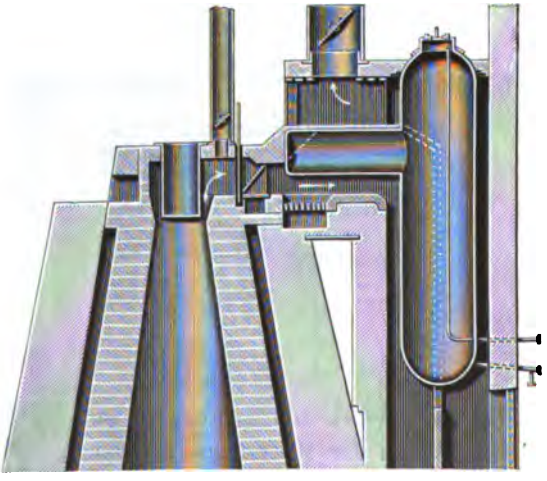


Fig. 162.



Thomas und Laurent bedienten sich bei ihrem Verfahren, die Gichtgase zur Dampfkesselfeuerung zu verwenden, eines anderen Mittels, um die Gase des Hochofens abzufangen. Statt der gemauerten Kanäle hingen sie einen eisernen Cylinder, der etwas

Digitized by Google

enger war als die Gicht und oben an einem breiten Ringe befestigt war, der auf der Ofenmauer auflag, in den Schacht des Hochofens (Fig. 162). Die Gase, die an den Wänden emporstiegen, wurden dadurch aufgefangen, indem sie durch eine Öffnung hinter dem eisernen Cylinder abgeführt wurden. Es war dies bereits dasselbe System, welches Ebelman später bei seinen Gasgeneratoren in Anwendung brachte, Fig. 125 (vergl. S. 463). Fig. 163 zeigt eine ähnliche Einrichtung von Ebbw-Vale [1]). Auf demselben Principe beruht der Portsche Gasfang, Fig. 164, der nur dadurch verschieden war, dafs er aus zwei Cylindern von verschiedener Weite bestand. Der äufsere schlofs sich dicht an die Schachtwand an und schützte dieselbe. Pfort führte diesen Gasfang 1842 auf der Kurfürstlich hessischen Eisenhütte zu Veckerhagen ein [2]). Die beiden Cylinder waren aus Gufseisen und 1,438 m hoch. Der ringförmige Raum *a* war 0,143 m weit.

Fig. 163.

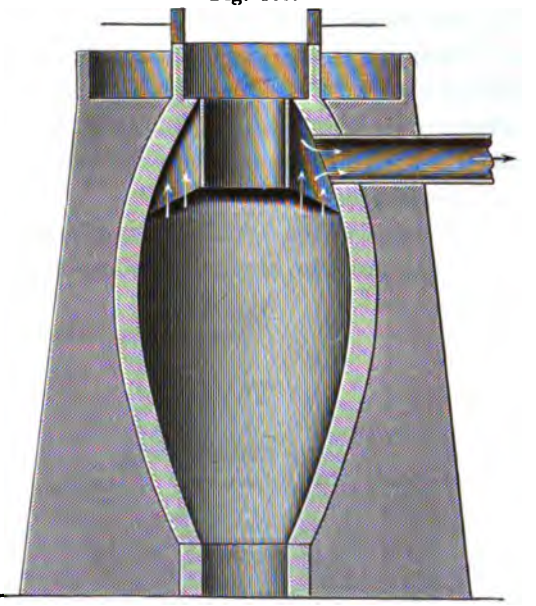
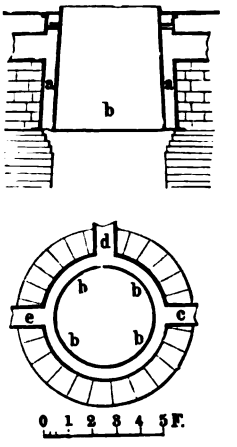


Fig. 164.



Später wendete man aber auch in Deutschland mehr die Apparate mit einem Cylinder an, die man irrtümlich belgische nannte. Ihre ersten Erfinder waren die Franzosen Thomas und Laurent.

In den 40er Jahren ging man auch an einigen Orten dazu über, die Gicht des Ofens durch einen Deckel zu verschliefsen, der nur beim Aufgeben der Gichten geöffnet wurde.

[1]) Siehe Mining Journal vom 30. März 1850; Berg- und hüttenmänn. Ztg. vom 12. Juli 1850.

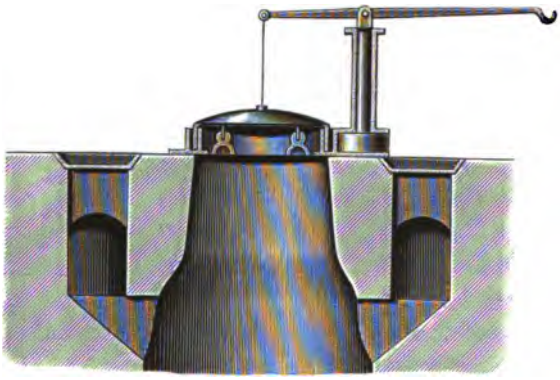
[2]) Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde V, 1842.

Digitized by Google

De Meckenheim erwähnt dies in seinem Patent von 1842. Dem entsprechend unterscheidet Montefiore Levi zu Ougrée bei Lüttich [1]) gegen Ende dieser Periode vier verschiedene Systeme der Gasableitung bei den Hochöfen: 1. Öffnungen in der Schachtwand bei offener Gicht; 2. Öffnungen in der Schachtwand bei verschlossener Gicht; 3. eingehängter, 6 bis 7 Fuſs hoher Cylinder von Guſseisen oder Eisenblech und offener oder geschlossener Gicht; 4. Ableitung der Gase aus der Esse über der Gicht, deren sämtliche Öffnungen zwischen dem Aufgeben verschlossen gehalten werden.

Bei dem ersten Verfahren wird nur ein Teil der Gase abgefangen. Eine viel gröſsere Menge derselben wird bei dem zweiten Verfahren erhalten. Bei einem Ofen zu La Voulte an der Rhone sah M. Levi diesen Verschluſs mit Deckel, Fig. 165, der gute Resultate gab.

Fig. 165.



Die Hochöfen zu Le Pouzin bei La Voulte waren 57 engl. Fuſs hoch und hatten 6 Fuſs 4 Zoll Gichtweite. Die Gase wurden durch sechs Öffnungen in den Wänden abgefangen und in einem Ringkanal, welcher den oberen Teil des Schachtes umgab, gesammelt. Rings um die Gichtöffnung befand sich aber ein guſseiserner Kranz mit doppeltem Rande, der mit Wasser gefüllt war. In dieses trat der cylinderförmige Rand des Deckels von starkem Eisenblech, der mittels eines Hebels gehoben und seitwärts geschoben wurde. Über der Gicht lagen Schienen, die Fortsetzung einer Förderbahn, auf welcher die Gichtwagen gefahren und durch den beweglichen Boden entleert wurden. Dies geschah bei abgehobenem Deckel so rasch wie möglich, damit die Zeit der Unterbrechung der Gasabführung nur kurz war.

Man zog die Einrichtung in Verbindung mit einem eisernen Cylinder oder Trichter noch vor. Guſseiserne Trichter waren dauerhafter und hielten 2 bis 3 Jahre, während blecherne nach 9 Monaten verbrannt

[1]) Siehe dessen trefflichen Aufsatz im Mining Journal vom 9. März 1850 und Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1850, S. 353.

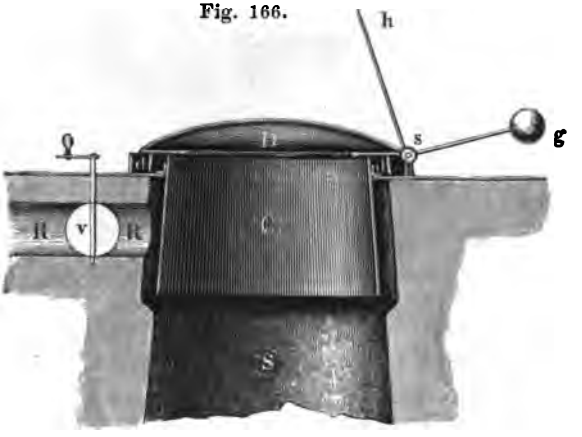
Digitized by Google

waren. Dieselben konnten leicht mit einem Deckel mit Wasserverschlufs verbunden werden, wie dies bei den sieben Hochöfen der grofsen Hütte Le Creusot der Fall war und in Fig. 166 abgebildet ist.

Bei einem Hochofen zu Givors, der 4 Fufs Gichtöffnung hatte, wendete man statt eines Deckels, der durch einen Hebel gehoben wurde, einen Schieber an. Die Einrichtung funktionierte gut, und ging das Aufgeben sehr rasch von statten. Obgleich der Ofen nur 20 Tonnen Giefsereiroheisen täglich produzierte, heizten die Gase zwei Lufterhitzungsapparate und die Dampfkessel für eine 40pferdige Maschine.

Auf den grofsen Eisenwerken zu La Voulte und Terrenoire bediente man sich der oben beschriebenen Einrichtung von Thomas und Laurent; die Gase wurden aber über der Gicht von der Esse aus abgeleitet. Die Aufgabeöffnungen waren mit Schiebern, die obere Öffnung mit einem eisernen Deckel, der durch Hebel und Gegengewicht leicht geöffnet werden konnte, verschlossen. Das Gegengewicht bildete zugleich ein Schieberventil, welches die Gasleitung schlofs, sobald der Essendeckel geöffnet wurde; dadurch wurden Unglücksfälle durch Gasexplosionen verhindert. Auch hier war rasches Aufgeben wichtig. Die Gase eines Ofens genügten zur Dampferzeugung für 40 Pferdekräfte. Dieses System hatte aber den Nachteil, dafs das Aufgeben der Gichten erschwert war, und während desselben, solange die Aufgabethüren geöffnet waren, das Gasableitungsrohr geschlossen bleiben mufste, um Knallgasbildung durch einströmende Luft in der Leitung zu vermeiden.

Fig. 166.



Viel zweckmäfsiger war ein englisches System von Parry, von dem das Modell auf der Londoner Ausstellung 1851 zu sehen war[1]), wobei sich ein bewegliches Cylinderstück auf einen im Schacht befestigten Trichter aufsetzte. Das Aufgeben erfolgte durch den Cylinder; das Cylinderstück wurde alsdann nur für einige Sekunden in die Höhe

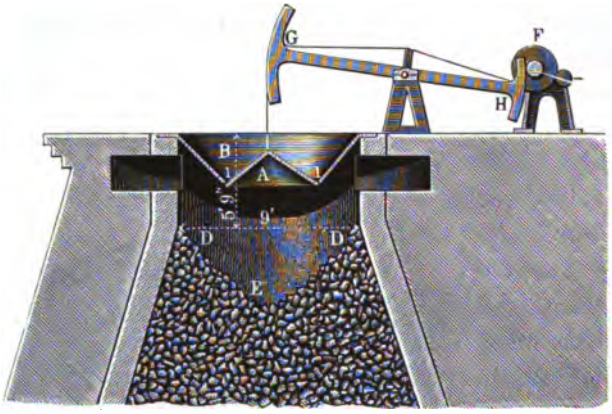
[1]) P. Tunner, Leobener Jahrbuch, Bd. II, S. 203.

Digitized by Google

gezogen, um die Beschickung in den Schacht rutschen zu lassen. Ebenso wurde die in Fig. 167 abgebildete ältere Form des Parryschen Trichters, wobei ein beweglicher Kegel *A* schliefsend in einen abgestumpften unten offenen Kegel, der die Beschickung aufnimmt, pafst, durch die Londoner Ausstellung in weiteren Kreisen bekannt.

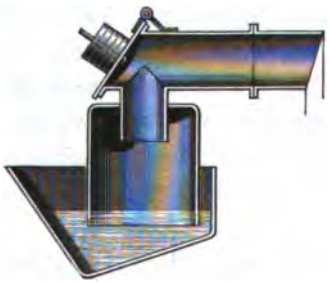
Die Benutzung der Hochofengase war damals schon sehr verbreitet, besonders auch in Frankreich und Belgien, und gab sehr

Fig. 167.



befriedigende Resultate. Da die Hochofengase unter Druck ausströmten, war die Gefahr von Explosionen in den Leitungen gering, wenn man die Röhren weit nahm. Um den vielen Staub, der von den Gichtgasen mitgerissen wurde, niederzuschlagen, schlugen Matthey und Richard gegen Ende der 50er Jahre vor, dieselben durch Einspritzen von Wasser, in der Weise, wie es bei der Wattschen Kondensation geschah, zu waschen. Schon 1842 hatte de Meckenheim das Waschen der Gase in sein englisches Patent (Nr. 9373) mit aufgenommen. Er erwähnt dabei auch Klappen, Staubfänger und Ausputzthüren. Schon früher hatten sich Thomas und Laurent der Gaswaschkasten bedient, wie sie in Fig. 168 abgebildet sind. Der Kasten hatte die nahezu trichterförmige Gestalt, um den Staub, der sich im Wasser niedersetzte, leichter entfernen zu können.

Fig. 168.



Zur Dampfkesselfeuerung benutzte man damals auch in England die Gichtgase bereits vielfach. Eine grofsartige Anlage war zu Ebbw-Vale, wo die Gase von 11 Hochöfen, die wöchentlich 1400 bis

Digitized by Google

1500 Tonnen Roheisen erzeugten, 25 Dampfkessel feuerten, welche den Dampf für fünf grofse Gebläsemaschinen lieferten.

Die Disposition einer Hochofenhütte war durch die veränderten Bedürfnisse gegen früher nicht unwesentlich verändert worden. Zwischen der Gebläsemaschine und dem Hochofen mufste der Windregulator und der Winderhitzungsapparat eingeschaltet werden. Wo mehrere Hochöfen erforderlich waren, legte man dieselben am besten in eine Reihe, aber doch so, dafs jeder Ofen nach allen Seiten frei stand. Selbst da, wo man die Öfen an einen Hügel anlehnte, trug man Sorge, zwischen Böschung und Ofen einen genügend breiten freien Gang zu behalten.

Vor den Hochöfen errichtete man eine gemeinschaftliche Giefshalle, die auch da, wo man keine Gufswaren machte, geräumig sein mufste, weil die Abstiche grofs waren und man das flüssige Roheisen in Masselgräben oder Coquillen laufen liefs.

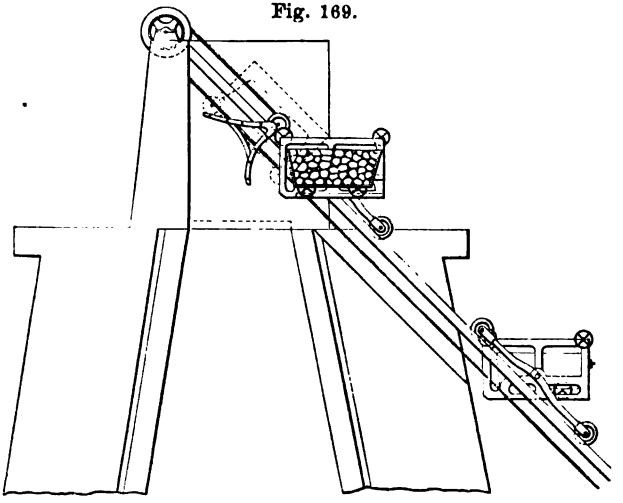
Das Maschinenhaus wurde von der Giefshalle und den Hochöfen getrennt aufgeführt. Dasselbe lag am besten auf der der Giefshalle entgegengesetzten Seite, also im Rücken der Ofenreihe. Erzeugte man den Dampf mit Steinkohlen bezw. mit Rostfeuerungen, so legte man die Kesselanlage dicht hinter oder neben das Maschinenhaus. Bei Verwendung der Hochofengase zur Dampferzeugung legte man die Dampfkessel häufig auf das Gichtniveau und mufste dann den Dampf durch eine lange Leitung auf die Maschinensohle führen. Den Regulator legte man zwischen die Maschinen- und Hochofenanlage. Aus dem Regulator gelangte der Wind in die Winderhitzungsapparate, welche, wenn dieselben mit Rostfeuerungen betrieben wurden, auf der Hüttensohle möglichst dicht bei den Formen standen, wie dies in England gebräuchlich war. Wo man aber die Warmwindapparate mit den Gichtgasen heizte, stellte man dieselben meist auf die Gicht, wobei man den Wind, wenn die Gebläsemaschinen auf der Hüttensohle standen, erst in die Höhe und dann wieder herunterführen mufste. Ferner gehörte zu jeder Hochofenhütte ein Erzplatz, sodann zu vielen Hütten eine Röstofenanlage, die man gern auf eine höhere Sohle legte. Das Möllerhaus, in dem die Beschickung gattiert wurde, legte man womöglich auf die Gichtsohle. Kokshochofenhütten hatten aufserdem meistens ihre eigenen Koksofenanlagen, weil man dadurch den grofsen Verlust durch Einrieb, den die Koks beim Transport von der Zeche nach der Hütte erlitten, vermied. Lagen die Koksöfen und Erzplätze auf einem tieferen Niveau, so wurden sie durch Aufzüge mit Maschinenkraft auf das Gichtniveau gehoben. An Stelle der geneigten Aufzüge, die in England seit Anfang des Jahrhunderts in Gebrauch waren,

Digitized by Google

wendete man mehr und mehr senkrechte Aufzüge an, welche in sogenannten Gichttürmen auf und nieder gingen.

Die Gichtaufzüge, ob geneigt oder senkrecht, waren entweder Paternosterwerke, bei denen die Erz- und Kohlentröge oder Wagen auf an Ketten schwebenden Aufziehschalen in die Höhe gezogen wurden, oder es waren einfache oder doppelte Zugwerke mit Ketten oder Seilen, oder es waren pneumatische Aufzüge. Fig. 169 ist die Abbildung eines Teiles des Gichtaufzuges mit geneigter Ebene und sich selbst ausstürzenden Gichtwagen auf der englischen Eisenhütte Lowmoor nach Art eines Paternosterwerkes. Fig. 170 stellt den pneumatischen Aufzug, welcher 1839 zu Chatelineau in Belgien zur Bedienung von drei Hochöfen erbaut wurde, dar. Derselbe wurde durch einen Kolben, welcher in einem Windcylinder durch komprimierte Luft

Fig. 169.



auf- und niedergedrückt wurde, bewegt [1]). Ein ähnlicher Aufzug war auch seit Anfang der 40er Jahre bei Dudley in England im Betriebe [2]).

Im Laufe der 40er Jahre kamen dann auf den belgischen Hütten die von England eingeführten hydraulischen oder Wasseraufzüge in Gebrauch, bei welchen die Materialien durch das Gewicht des Wassers in die Höhe gezogen wurden. Der Apparat bestand aus zwei hohlen, eisernen Blechkasten, welche zugleich die Plattform für die Erz- und

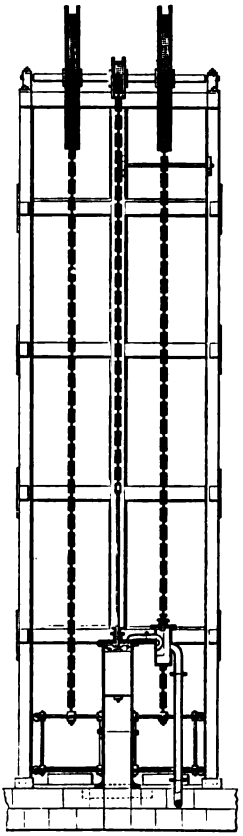
[1]) Diese verschiedenen Arten von Gichtaufzügen finden sich in dem Repertorium der Eisengewerkskunde, welche 1841 als Ergänzung von Walter und Le Blancs „Praktischer Eisenhüttenkunde" erschien, beschrieben und abgebildet.

[2]) Siehe Hartmann, Die Fortschritte der Eisenhüttenkunde 1851, Tab. IX, Fig. 1, S. 583.

Digitized by Google

Kokswagen bildeten. Das Gewicht der Wasserfüllung eines Kastens war gröfser als die aufzuziehende Last. Indem nun der Wasserkasten auf der Gicht gefüllt wurde, senkte er sich nach unten und hob gleichzeitig den andern leeren Kasten mit seiner Last in die Höhe. Der unten angekommene Kasten entleerte sein Wasser, während gleichzeitig der oben befindliche gefüllt wurde. Diese hydraulischen Aufzüge waren sehr einfach, leicht zu bedienen und wenig kostspielig im Betriebe. Bei grofser Kälte im Winter traten allerdings Störungen und Unannehmlichkeiten ein. In England waren sie sehr verbreitet.

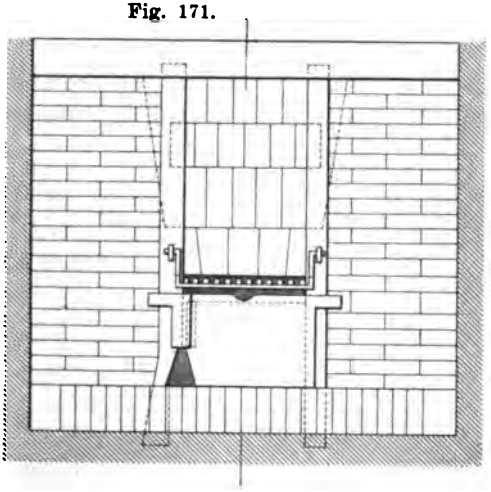
Fig. 170.



Situationszeichnungen von Hüttenanlagen findet man namentlich in französischen Werken. Den Situationsplan der Hochofenanlage von Decazeville hat Pillet-Will 1832 veröffentlicht [1]). Die Hütte von Sclessin an der Maas ist in dem „Handbuch der Roheisenfabrikation“ von Valerius, Tab. XV, im Grundplan dargestellt. Flachat, Barrault und Petiet haben die schönen Hochofenanlagen von Alais (Taf. 84), Decazeville (Taf. 85) und Creusot (Taf. 86) abgebildet.

Wenden wir uns zum Betriebe der Hoch-

Fig. 171.



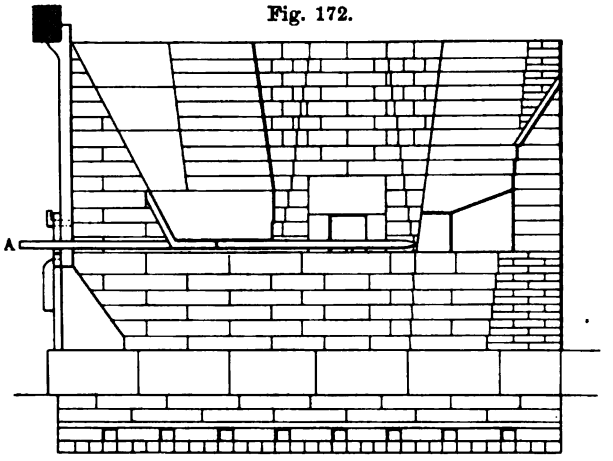
öfen selbst. Beim Anwärmen der Kokshochöfen hatte man einige Verbesserungen angebracht, die Le Blanc und Walter beschrieben haben. Die wichtigste Arbeit bei dem Anwärmen war das Rostschlagen,

[1]) Siehe Examen analytique de l'usine de Decazeville, Dep. de l'Aveyron par M. Pillet-Will, Paris 1832.

Digitized by Google

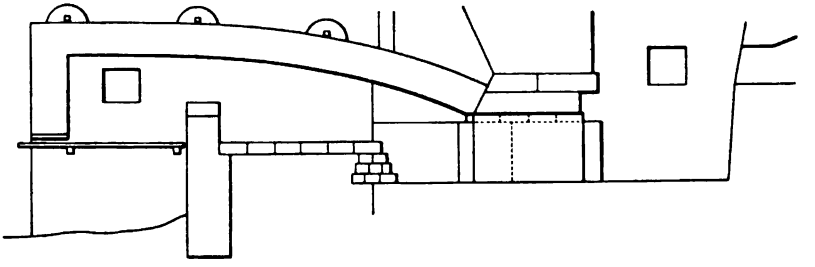
welches die ersten 14 bis 20 Tage alle 48 Stunden, später alle 24 Stunden geschah. Der Rost wurde mit eisernen Brechstangen in der Weise, wie es in Fig. 171 (a. v. S.) und Fig. 172 dargestellt ist, gebildet. Man steckte eine starke Stange durch die beiden Seitenformen und hing einen Hakenträger an die Herdpfeiler an. Auf diesen beiden Stützen liefs man die Brechstangen aufruhen, die man bis zur Hinterwand durchtrieb und die einen Rost bildeten, der die Kokssäule im Schachte abfing. Man konnte nun den Herd unter dem geschlagenen Rost reinigen. — Statt dieser Methode des Abwärmens bediente man sich ebenfalls schon in den 30er Jahren eines Flammofens, den man vor der Ofenbrust erbaute und dem der Hochofenschacht als Esse diente Fig. 173 zeigt diese Anordnung.

Fig. 172.



Das Abwärmen eines neuen Hochofens dauerte vier bis sechs Wochen, das eines neuen Gestelles nur vier bis zehn Tage. Bei dem Hochofen

Fig. 173.



eines grofsen Koksofens zu La Voulte verbrauchte man 30 bis 35 Tonnen Koks; beim Anwärmen mit einem Flammofen 500 hl Steinkohlen.

Die Gröfse der Kohlengichten ist eine wichtige Sache. Sie richtet sich hauptsächlich nach der Gröfse der Öfen und der Art des Brennmaterials. Bei 30 bis 40 Fufs hohen Hochöfen mit 6 bis 8 Fufs weitem Kohlensack wendete man nach Karsten Sätze von 28 bis 30 Kbffs. Holzkohlen an, bei guten, festen Holzkohlen und lockerer

Digitized by Google

Beschickung machte man mit Vorteil die Kohlengichten nur 15 bis 20 Kbfls. grofs. In Schweden und Norwegen machte man aber Sätze von 50 Kbfls. bei 30füfsigen Öfen und im Ural sogar von 80 Kbfls. Holzkohlen.

Bei Koks genügten bei 40 Fufs hohen Öfen mit 10 bis 12 Fufs weitem Kohlensack Gichten von 12 Kbfls. Inhalt.

Walther de St. Ange giebt folgende Brennmaterialiengichten an:

Bei Holzkohlenöfen:

	bei leichtflüssiger Beschickung	bei strengflüssiger Beschickung
7 bis 8 m hoch . . .	3 bis $3^1/_2$ hl	4 bis 5 hl
9 „ 10 „ „ . . .	6 „ 7 „	10 „ 12 „
12 „ „ . . .	15 „ 16 „	20 „ 22 „

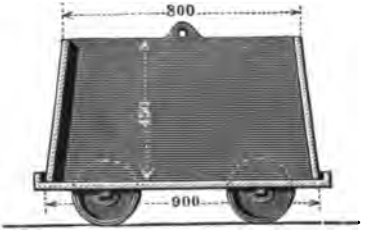
Bei Kokshochöfen:

12 m hoch	5 bis 6 hl
14 bis 15 „ „	7 „ 9 „
15 „ 16 „ „	10 „ 12 „

Zum Aufgeben bei den grofsen Koksöfen wendete man auf vielen Hütten eiserne Gichtwagen mit beweglichem Boden an. Da diese ihren ganzen Inhalt auf einmal entleerten, wurde das Aufgeben sehr beschleunigt.

In Frankreich stürzte man die Beschickung oft über Roste, die vor den Öffnungen im Gichtturme angebracht waren; diese wirkten wie Rätter und separierten das Erz, so dafs die groben Stücke in die Mitte fielen, das Feine aber mehr an der Ofenwand blieb. Dies mufste das Vorrollen der Erze nur vermehren. Über das Vorrollen hat H. von Bünau am Turracher Hochofen in Steiermark 1842 Beobachtungen gemacht.

Fig. 174.



Statt die Schlacke auf den Hüttenboden laufen zu lassen, liefs man dieselbe seit den 40er Jahren in England in Schlackenwagen laufen, die auf einer Schienenbahn standen und weggefahren wurden, sobald sie gefüllt waren. Diese Schlackenwagen (Fig. 174) bestanden aus einem niedrigen Plattwagen, dessen Boden von einer starken Eisenplatte gebildet war. Auf diesen war ein viereckiger, nach oben sich verengender Kasten von Eisenplatten gestellt, in welchen die Schlacke hineinlief. Bis er

Digitized by Google

voll gelaufen war, hatten sich die Aufsenseiten des Schlackenblockes soweit abgekühlt, dafs sie fest geworden waren. Man hob mittels eines Krahnes den pyramidalen Kasten oder Rahmen ab und fuhr den Schlackenklotz fort. Derselbe Rahmen wurde dann auf einen folgenden Plattwagen aufgesetzt.

Die Anwendung des heifsen Windes führte zur Anwendung roher Brennmaterialien in den Hochöfen. Die vorzüglichen Erfolge, die man damit in Schottland erreicht hatte, veranlafsten ähnliche Versuche in anderen Ländern, besonders in Frankreich. Schon 1827 hatte man in dem Hochofen von Vizille (Isère) Versuche mit Anthracitkohle gemacht[1]), und zwar zuerst unter Leitung des Direktors Lebrun vom 13. April 1827 ab. Hierbei wurde noch ein Gemenge von Anthracit und Koks angewendet. Vom 19. Januar 1828 an begann Robin neue Versuche. Günstige Resultate erhielt er auch nur bei einer Mischung von höchstens $^1/_2$ Anthracit mit Koks. Bei gröfserem Anthracitsatz verstopfte sich der Ofen. Es ergab sich insoweit ein ökonomischer Vorteil, als die Herstellungskosten mit $^1/_2$ Anthracit zu nur Koks sich zu 22,87 gegen 24,83 Franken pro 100 kg stellten. Dagegen trat eine so grofse Verlangsamung des Betriebes durch die Anthracitkohlen ein, dafs die Produktion von 10250 kg auf 6250 kg zurückging.

Ähnliche Versuche, die man Anfang der 30er Jahre zu Alais anstellte, hatten ebenfalls schlechten Erfolg; dagegen fielen die, welche man 1833 zu Decazeville mit reiner Steinkohle anstellte, so günstig aus, dafs man hier alsbald ganz zu diesem Betriebe überging. In Swansea schmolz man mit halb Anthracitkohle und halb Koks sehr vorteilhaft. Aber erst 1837 gelang es Crane auf der Hütte von Yniscedwyn, durch Anwendung von sehr heifsem Winde nur mit Anthracit zu schmelzen. Dieses Verfahren wurde alsbald in Pennsylvanien in den Vereinigten Staaten eingeführt und fand hier grofse Verbreitung.

In Frankreich wendete man auch auf vielen Hütten Gemenge von Koks und Holzkohlen an, z. B. zu Torteron und Hayange im Verhältnis von 14 zu 15, zu la Guarche $^1/_3 : ^2/_3$. Ebenso bedienten sich damals die Saarhütten dieses Gemenges.

Grofse Anstrengungen machte man in dieser ganzen Periode, um trockenes und gedarrtes Holz in Hochöfen zu verwenden. Man erzielte auch bei Verwendung eines angemessenen Prozentsatzes ge-

[1]) Siehe Gueymard in Annales des mines, 3. Ser., III, 71.

Digitized by Google

dörrten oder halb verkohlten Holzes Nutzen; so sollten nach Sauvage zu Haraucourt 33, zu Bièvre 26 Proz. erspart worden sein, aber der Betrieb hatte viele Störungen zur Folge. Bei $^1/_2$ Holz und $^1/_2$ Holzkohle giebt Binneau die Ersparnis zu Masseveau, Dep. Oberrhein, zu 14,8 Proz. an; zu Betancourt (Haute-Saône) zu 6,6 Proz. bei $^1/_5$ Holz; zu St. Loup zu 7,3 Proz. bei 27,5 Proz. dem Volumen nach. Ferner nennt Binneau noch folgende französische Hütten, wo gedörrtes Holz verwendet wurde: Trécourt, Breurey, Etravaux, Vellexon, Montagney, Boigne, Fallon, Loulans und Clerval. Das halb fertige Produkt des Darrprozesses, war es nun Darrholz oder Rotkohle, war nie gleichmäfsig und zuverlässig. War das Brennmaterial nicht genügend vorbereitet, was oft vorkam und schwer zu erkennen war, so entstanden im Hochofen störende Gasentwickelungen, zuweilen Explosionen und oft grofse Abkühlung im Schachte.

Über den Nutzen des Wasserdampfes im Hochofen war man auch in dieser Periode sehr geteilter Ansicht. Freytag hatte bei Versuchen, Wasserdampf mit der Gebläseluft in den Hochofen zu leiten, zu Schierke angeblich günstige Resultate erzielt [1]). Guennyveau hat sich 1835 dagegen ausgesprochen [2]). Versuche, welche Zinken in dem Hochofen zu Mägdesprung anstellte, hatten keinen Erfolg. Scheerer glaubt, dafs eine geringe Menge Wasserdampf vorteilhaft wirke, namentlich durch Entschwefelung. Thatsache war aber, dafs die Engländer die Wasserregulatoren abwarfen, hauptsächlich deshalb, weil die feuchte Luft nachteilig auf die Produktion wirkte.

Eine Verbesserung des Schmelzprozesses im Hochofen wollte J. S. Dawes 1831 dadurch erreichen, dafs er gewisse Substanzen, die als Flufs- und Reinigungsmittel dienen sollten und aus Alkalien, alkalischen Erden, Kalk, metallischen oder anderen Oxyden bestanden, in das Gestell des Ofens brachte und zwar durch Einblasen mit dem Winde durch die Form. Dieses Verfahren sollte es ermöglichen, den Ofen mit Steinkohlen und ungerösteten Erzen zu beschicken. Hierfür nahm Dawes ein Patent (Nr. 6207).

Derselbe Erfinder erhielt 1835 ein weiteres Patent auf Erzeugung gröfserer Hitze und Beschleunigung des Hochofenprozesses durch Einleitung von Wasserstoffgas, entweder mit dem Winde gemischt, oder durch besondere Düsen, in den Hochofen. Das Cyankalium, welches sich im unteren Teile des Hochofens bildete, sollte dabei durch eine

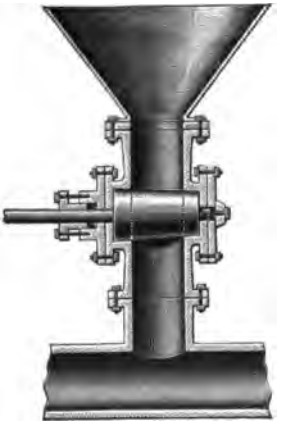
[1]) Siehe Erdmanns Journal II, 819.
[2]) Annales des mines, 3. Ser., VIII, 418.

Digitized by Google

Röhre abgeleitet werden, „um so den Ofen vom Schädlichen zu befreien und ihm einen nützlichen Stoff zuzuführen“ (Nr. 6948).

Ebenfalls durch Einblasen von Kohlenwasserstoffgas, Teer oder beiden, wollte William Barnett (Patent Nr. 7727) 1838 die Hitze im Gestell steigern und dadurch den Ofengang verbessern, und S. M. Banks blies gepulverte Kohle, Holzkohle, Koks, Anthracit, Kalk, Eisenerz, oder sonstige feste Substanzen mit dem kalten oder erhitzten Winde in den Hochofen ein, um den Prozefs zu beschleunigen und die Güte des Eisens zu verbessern (1840, Nr. 8479). Dieselbe Idee tauchte bald darauf in Frankreich auf; dort erfand ein gewisser Corbin d'Arboissières, ehemaliger Hüttenmeister zu Cheminon im Maasdepartement, einen Apparat, Fig. 175, den er Kohlenbringer — carbonofère — nannte. Es war ein Trichter mit einem Hahn, durch welchen Kohlenpulver in das Windrohr des Düsenstockes eingeführt wurde. Statt des Handbetriebes brachte der Erfinder später ein durch ein Zahngetriebe bewegtes Rührwerk in dem Trichter an, dessen vertikale Welle unten ausgekehlte Schraubenwindungen hatte, die das Kohlenpulver in das Windrohr führten. Natürlich verstopften sich diese Öffnungen leicht. Aber der Apparat war auf der Hütte von Boulogne-le-Haut von Ende 1840 bis 1845 im Betriebe, und man war mit dem Erfolge sehr zufrieden. Man hatte dort den Carbonofère gleichzeitig mit der Winderhitzung eingeführt. Die Kohlenersparnis, die man aber durch den Carbonofère allein, abgesehen von dem heifsen Winde, erzielte, soll 10 Proz. betragen haben; das Eisen war mehr gekohlt, die Schlacken flüssiger. Duhamel[1]) lenkte die Aufmerksamkeit auf Corbins Apparat, der auch in Frankreich und Belgien ziemlich viel Anwendung fand.

Fig. 175.



Sehr beachtenswert ist, dafs J. P. Budd in einem Patent vom 20. Oktober 1842 (Nr. 9495) schon der Wassertümpel und der Wasserbrust zur Abkühlung des gemauerten Tümpels und der Ofenbrust Erwähnung thut und zwar in einer Art, die beweist, dafs diese damals in England schon bekannt waren.

---

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Ser., VII, 463; Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1846, S. 356.

Digitized by Google

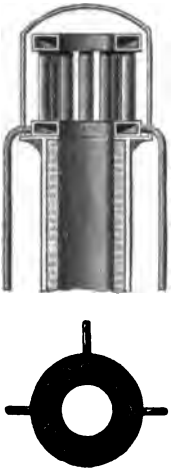
Die Eisengiefserei 1831 bis 1850.

In der Eisengiefserei wurden ebenfalls viele Verbesserungen in dieser Periode eingeführt. Bei dem Giefsen aus dem Hochofen kamen die Stich- und Schöpfherde in Gebrauch. Dieselben gestatteten das Giefsen zu beliebigen Zeiten. Zur Verminderung des Graphits im Gufseisen wendete man häufig das S. 242 beschriebene „Füttern" mit reinen Erzstücken an.

Die Emancipation der Eisengiefserei von dem Hochofenbetriebe nahm aber von Jahr zu Jahr um so mehr zu, je bequemer und vorteilhafter sich das Umschmelzen des Roheisens in Kupolöfen erwies.

Bei den Kupolöfen ging man, wie bei den Hochöfen, zum Betriebe mit heifsem Winde über, der überall da von Vorteil war, wo man seither mit zu starker Pressung geblasen hatte. Dies war aber anfangs der 30er Jahre in fast allen Giefsereien der Fall, weil man sich allgemein der Cylinder- oder Kastengebläse, wie bei den Hochöfen, bediente. Die Winderhitzung spielte deshalb bei dem Giefsereibetriebe damals eine ebensogrofse Rolle als beim Hochofenbetriebe. Da die Flamme der Kupolöfen eine sehr starke war, so hatte es keine Schwierigkeit, die Erwärmung des Windes dadurch zu erreichen, dafs man die Winderhitzungsapparate unmittelbar über die Gicht stellte. Man mauerte dabei in der Regel die Röhren nicht besonders ein, sondern brachte entweder einen Kranz von senkrecht stehenden Röhren, welche oben und unten durch ringförmige Rohre oder Kasten, Fig. 176, verbunden waren, direkt um die Gicht an, oder konstruierte ein System gewundener Röhren in solcher Entfernung über der Gichtöffnung, dafs das Einwerfen der Chargen nicht behindert war. So war die in Fig. 177 (a. f. S.) dargestellte Winderhitzung der Kupolöfen zu Gleiwitz eingerichtet [1]).

Fig. 176.



Ebelman hat die Gase eines Kupolofens, die er 1 m unter der Gicht abfing, untersucht. Sie enthielten

Kohlensäure . . .	12,11	Wasserstoff. . . .	0,95
Kohlenoxyd . . .	11,98	Stickstoff	74,96.

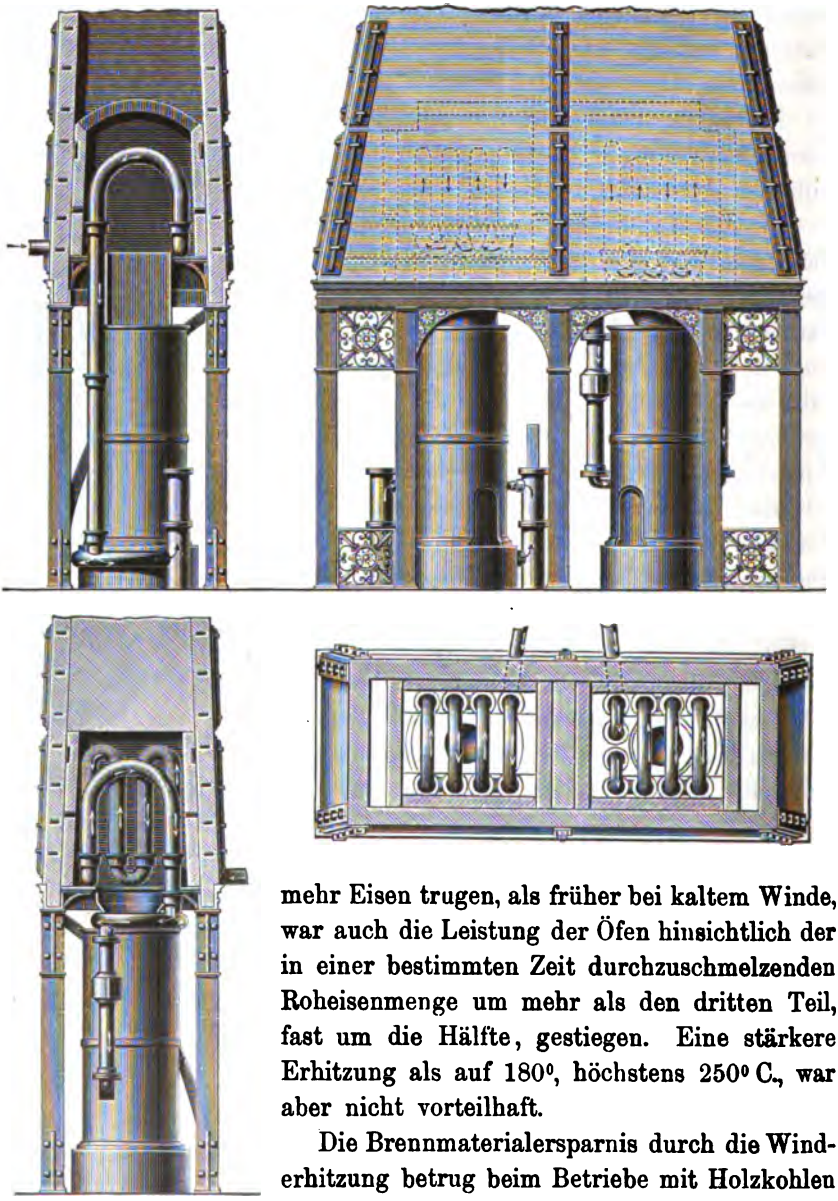
[1]) Siehe Karsten, a. a. O., Tab. XIII, Fig. 1 bis 5.

Digitized by Google

Danach wird in den Kupolöfen die aufsteigende Kohlensäure nur zum Teil reduciert.

Nach Karstens Angabe hatten sich die Resultate des Kupolofenbetriebes seit der Einführung des erhitzten Windes sehr vorteilhaft geändert. Indem die Kohlen bei heifsem Winde beträchtlich

Fig. 177.



mehr Eisen trugen, als früher bei kaltem Winde, war auch die Leistung der Öfen hinsichtlich der in einer bestimmten Zeit durchzuschmelzenden Roheisenmenge um mehr als den dritten Teil, fast um die Hälfte, gestiegen. Eine stärkere Erhitzung als auf 180°, höchstens 250° C., war aber nicht vorteilhaft.

Die Brennmaterialersparnis durch die Winderhitzung betrug beim Betriebe mit Holzkohlen

Digitized by Google

ein Drittel. Für den Betrieb mit Koks macht Karsten folgende Angaben.

Die Kupolöfen der Eisengiefserei zu Gleiwitz wurden 1832 und 1833 mit kaltem Winde betrieben, und wurden in diesen beiden Jahren 75662 Ctr. Roheisen mit 14970 Tonnen Koks umgeschmolzen. 1834 und 1835 fand der Betrieb teils bei kaltem, teils bei warmem Winde statt. Aber in den Jahren 1836, 1837 und 1838 wurde nur heifser Wind angewendet. In diesen drei Jahren waren 142082 Ctr. Roheisen mit 13112 Tonnen Koks geschmolzen worden. Im ersten Falle wurden auf 100 Pfd. Roheisen 46 Pfd. Koks, im zweiten Falle dagegen nur $22^2/_3$ Pfd., also nur die Hälfte verbraucht.

Diesem Vorteile standen aber auch Nachteile gegenüber. Zum Durchpressen der expandierten Luft durch das lange und enge Rohrnetz des Winderhitzers war ein beträchtlicher Kraftaufwand erforderlich oder ein gröfseres Luftvolumen. Dadurch kam es, dafs die Ventilatoren, die ebenfalls anfangs der 30er Jahre in Anwendung zu kommen begannen und die durch ihre Windmenge die Schmelzung günstig beeinflufsten, nach und nach den Sieg davontrugen und die teuren Kolbengebläse und Winderhitzungsapparate bei dem Kupolofenbetriebe aus dem Felde schlugen. Die Ventilatoren[1]) lieferten zwar nur eine geringe Pressung, aber sie erforderten wenig Kraft und erzeugten so viel und so gleichmäfsigen Wind, dafs hierdurch die Schmelzung im Kupolofen viel besser von statten ging.

Versuche und Mitteilungen über Ventilatoren machten in Frankreich St. Léger 1835, M. Cadiat 1842[2]) und E. Dollfufs 1843[3]); in Deutschland Redtenbacher und Tunner 1846, in England Buckle 1847. Der von Saint-Léger 1835 beschriebene Ventilator der Herren James Martin & Söhne zu Rouen (Seine-Inférieure) hatte vier schwach gekrümmte Flügel, die gewöhnlich 600 Umdrehungen in der Minute machten. Sie wurden durch einen Göpel mit drei Pferden bewegt und schmolzen in einem Kupolofen von 2,60 m Höhe 1200 bis 1500 kg gegen 600 bis 800 kg in der Stunde mit etwa 290 kg Koks bei dem alten Gebläse, was einer Ersparnis von 20 Proz. gegen früher entsprach.

Schon vordem hatte man bei den Kupolöfen verschiedene Windformen übereinander angebracht, um je nach Bedarf kleinere oder

---

[1]) Eine wichtige Arbeit über Ventilatoren veröffentlichte St. Léger: Annales des mines 1835, 3. Serie, T. VII, p. 295 und 1837, T. XI, p. 89.

[2]) Armengaud, Public. industr. 1842.

[3]) Bullet. de la soc. industr. du Mulhouse 1843.

Digitized by Google

gröfsere Mengen von geschmolzenem Eisen im Ofen halten zu können. Karsten hat hierfür mehrere Beispiele angeführt. In der Eisengiefserei von Maudslay in London befand sich ein 7 Fufs (2,185 m) hoher und 3 Fufs (0,915 m) im Schacht weiter Kupolofen, welcher mit vier übereinanderliegenden Formen versehen war, so dafs man in diesem Ofen, wenn das flüssige Eisen die Höhe der vierten Form erreicht hatte, $3^1/_2$ Tonnen Eisen halten und entsprechend grofse Gufsstücke giefsen konnte.

Zu Rouen waren Kupolöfen mit sechs vertikalen Formenreihen im Gebrauch, bei denen die Formöffnungen nicht nur mit Thon, sondern auch noch mit eisernen Schiebern geschlossen werden konnten.

Man hatte auch Kupolöfen auf Schienen fahrbar hergestellt, so dafs man den Ofen selbst an die Form heranbringen konnte.

Noch zweckmäfsiger war die Einrichtung in der grofsen Eisengiefserei von Fairbairn und Hodgkinson in Manchester. Hier befanden sich vier Kupolöfen mit 3 bis 6 Fufs weiten Schächten und mehreren vertikal übereinanderliegenden Formenreihen. Wenn alle vier Öfen bis zur obersten Formenreihe mit flüssigem Roheisen angefüllt waren, so enthielten sie nicht weniger als 37 Tonnen. Von den Kupolöfen lief eine Eisenbahn, die zu den Dammgruben und der Formerei führte, wodurch das flüssige Roheisen leicht zu den Formen gebracht und so vergossen werden konnte. Dies geschah mit Hülfe von Giefspfannen, die auf Wagen standen. Waren diese an der Dammgrube angelangt, so wurden die Pfannen mit Krahnen vom Wagen gehoben, über den Eingüssen der Formen schwebend erhalten und mit Leichtigkeit in diese entleert.

Wo man mehrere Blaseformen übereinander benutzte, mufste der Windstock zum Verstellen eingerichtet sein.

Gewöhnlich waren die Kupolöfen mit zwei Formen versehen, welche zu beiden Seiten einander gegenüber lagen. Zu Berlin und Gleiwitz hatte man die Kupolöfen in der Weise der Seftström-Öfen mit einem Kranze von sechs oder 12 Formen in gleichen horizontalen Abständen eingerichtet.

Zu Seraing hatte man mehrere Sorten von Kupolöfen, die kleineren waren 1,890 m hoch und innen 0,457 m weit, die gröfseren waren 2,135 m hoch und 0,610 m weit, die gröfsten hatten bei derselben Höhe 1 m Weite im Lichten. Diese letzteren Kupolöfen konnten bequem 5000 kg Eisen fassen. Ein sehr grofser Kupolofen von Townsend & Co. zu Albany war 0,914 m zwischen den Düsen weit und 3,353 m hoch, fafste 3000 kg Gufseisen und konnte 12000 kg ohne

Digitized by Google

Unterbrechung giefsen. Der auf 204° C. erhitzte Wind trat aus einer ringförmigen Windkammer durch sechs Öffnungen, 0,381 m über dem Herde, ein [1]).

Bei Anwendung von Kolbengebläsen war 0,03 m Quecksilber eine mittlere Pressung; bei den grofsen Öfen in Seraing blies man mit 4 bis 5 Zoll (ca. 0,12 m) Quecksilber. Bei starkem Druck wurde das Roheisen im Kupolofen immer etwas gefrischt, namentlich bei engen Düsen. Wendete man Ventilatoren an, so nahm man weitere Düsen, meist von 0,08 bis 0,15 m Durchmesser. Eine andere Neuerung bei den Kupolöfen bestand darin, dafs man sie, wie die Hochöfen, mit einem Vorherde versah, aus dem man das Eisen mit Kellen schöpfen konnte. Beim Anblasen wurde der Vorherd mit Holzkohlen gefüllt und mit einer Platte bedeckt.

In Belgien bediente man sich in kleinen Giefsereien eines eigentümlichen Schmelzofens. Es war dies der Pfannenofen oder Calebasse [2]), der mit den entsprechenden von Reaumur und noch früher von Biringuccio beschriebenen Schmelzvorrichtungen grofse Ähnlichkeit hatte. Derselbe war entweder transportabel oder feststehend. Die transportabeln Calebassen wurden von hausierenden Schmelzern benutzt, die von Ort zu Ort wanderten, um kleine Gegenstände, wie Gewichte, Roststäbe, Schrot zum Schiefsen u. s. w. herzustellen. Auch zum Gufs kleiner Gegenstände, wie Lichtputzen, Scheren, Messer, welche adouciert wurden, wendete man häufig diese Pfannenöfen an. Sie waren sehr ungleich in der Gröfse. Es gab solche, in denen man nur einige Kilogramm, andere, in denen man bis zu 500 kg schmelzen konnte. Als Brennmaterial dienten Koks oder rohe Steinkohlen.

Fig. 178.

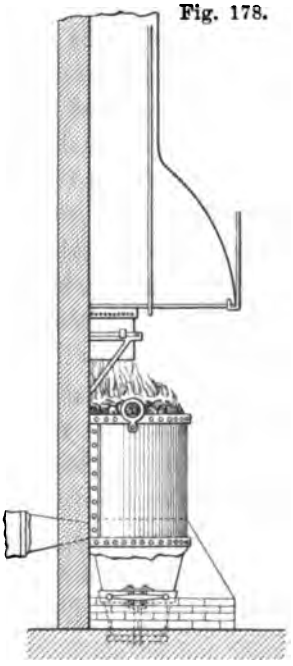


Fig. 178 ist die Abbildung eines solchen feststehenden Pfannenofens, wie er noch 1850 in Brüssel betrieben wurde. Er bestand aus dem Tiegel (calebasse) und dem Feuerturm (tour de feu), beide waren aus starkem Eisenblech verfertigt und so an eine Mauer an-

[1]) Monit. industriel 1846, Nr. 1046; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1846, S. 1013.
[2]) Siehe Valerius, Roheisenfabrikation, S. 604.

Digitized by Google

gelehnt, dafs diese den Abschluſs nach hinten bildete. Die Windleitung ging durch diese Mauer. Als Gebläse diente ein blecherner Ventilator, der von Menschenhänden bewegt wurde. Die reisenden Tiegelschmelzer bedienten sich meist der Handblasebälge. Das Ausgiefsen erfolgte unmittelbar aus der Schmelzpfanne, nachdem man den Wind abgestellt und den Aufsatz abgehoben hatte. Bei den in der Gegend von Charleroi betriebenen Pfannenöfen betrug der Koksverbrauch 37 bis 40 Proz. Die ganzen Anlagekosten einer Pfannenschmelzerei berechnet Valerius auf 360 Franken.

Die Gufsflammöfen wurden in ihrer Konstruktion immer mehr den Puddel- und Schweifsöfen ähnlich. Man nannte diejenigen mit flachem Herde deutsche, die mit ausgebauchtem Herde englische Gufsflammöfen. Oft wurden zwei Gufsflammöfen nebeneinander gelegt und in eine gemeinschaftliche Esse geführt, wie z. B. auf der Sayner Hütte [1]). In Staffordshire wendete man mit gutem Erfolge Flammöfen mit einem doppelten Gewölbe an, doch erforderten dieselben ein aufserordentlich feuerfestes Material, wodurch ihre Einführung in anderen Gegenden erschwert wurde.

Das beste Brennmaterial für die Gufsflammöfen war die Steinkohle, wo dieselbe aber zu teuer war, wendete man auch Holz oder Torf an; endlich machte man auch bereits Versuche mit Gasfeuerung. Die mit Torf und Holz gefeuerten Flammöfen mufsten eine grofse Rostoberfläche und einen weiten Rost haben, auch mufste derselbe tiefer unter der Feuerbrücke liegen. Dieselben bedurften zweier Schürlöcher, da sie fast ununterbrochen geschürt werden mufsten. Über das Verhältnis von Rostfläche zu Herdfläche, von der Konstruktion der Feuerbrücke, vom Gewölbe, Herd, Fuchs und Esse hat Karsten in seiner Eisenhüttenkunde ausführliche Mitteilungen gemacht (§. 738 bis 752).

Versuche, Flammöfen ohne Esse mit einem Gebläse zu betreiben, waren ungünstig ausgefallen [2]). Auf manchen Hüttenwerken wurde absichtlich ein Reinigen oder Weifsen des Roheisens im Flammofen vor dem Vergiefsen eingeführt.

Zu Königsbronn in Württemberg trug man das bei heifser Luft und mit Holzkohlen erblasene Roheisen noch flüssig in einen mit Torf gefeuerten Flammofen und machte es dort unter Einwirkung eines Windstromes mehr oder weniger weifs. Es wurde zum Gufs

---

[1]) Siehe Beschreibung in Valerius, a. a. O., S. 618.
[2]) Siehe Karsten, a. a. O., §. 747.

Digitized by Google

kleiner Walzen in Massenformen oder Schalen benutzt, während gröfsere Walzen aus einem mit einem Gebläse versehenen Flammofen abgegossen wurden. Bischof zu Mägdesprung stellte gelungene Versuche über das Umschmelzen des Roheisens mittels Torfgas [1]) in der Königl. Eisengiefserei zu Berlin an.

Der Hütteninspektor Eck zu Königshütte dehnte seine Versuche über Gasheizung auch auf Gufsflammöfen aus. Das Roheisen wurde dabei zugleich gereinigt und teilweise gefeint. Das auf der Königshütte in Gasflammöfen dargestellte gereinigte Giefsereieisen bewirkte für sich oder als Zusatz zu dichtem grauen Roheisen in entsprechendem Verhältnis einen ungemein festen Guís [2]). Vergleichende Festigkeitsversuche, welche auf der Königl. Hütte zu Gleiwitz angestellt wurden, ergaben, dafs das im Gasflammofen dargestellte Reineisen in liegend gegossenen Stäben eine absolute Festigkeit von 30000 Pfd. auf den Quadratzoll zeigte, während die unmittelbar aus dem Hochofen gegossenen Stäbe nur 20000 Pfd. auf den Quadratzoll trugen. Für die Darstellung besonders fester Gufsstäbe erwies sich dieses Verfahren deshalb als sehr geeignet. Wo man nicht in der Lage war, sich dieses Reineisens zu bedienen, half man sich zur Herstellung eines besonders festen Gusses namentlich für Walzen durch Gattierung geeigneter Eisensorten. Bischof zu Mägdesprung fand [3]), dafs zu allen Gufsstücken, welche eine besondere Zähigkeit erforderten, ein Gemisch von etwa gleichen Teilen von weifsem Holzkohleneisen und schottischem Koksroheisen besonders geeignet sei. Stäbe aus diesem Eisen zeigten eine weit gröfsere Festigkeit als solche aus reinem schottischen Eisen.

Englisches und namentlich schottisches aus Blackband mit roher Steinkohle und heifsem Winde erblasenes Giefsereieisen hatte damals bereits eine sehr allgemeine Verwendung auf dem Kontinent gefunden. Das Giefsereiroheisen (foundry-pig, franz. moulage) wurde sorgfältig nach seinem Bruchansehen sortiert und nach drei Nummern verkauft: Nr. 1 schwarz, grofsblätterig im Bruch, wenig fest, aber sehr weich; Nr. 2 etwas heller und feinkörniger, fester, aber noch sehr weich; Nr. 3 grau, feinkörnig, dicht, gab sehr feste Gufsstücke, die sich gut bearbeiten liefsen.

Die Maschinen und Apparate für den Giefsereibetrieb wurden verbessert, und man ging dazu über, manche Arbeit mit Maschinen

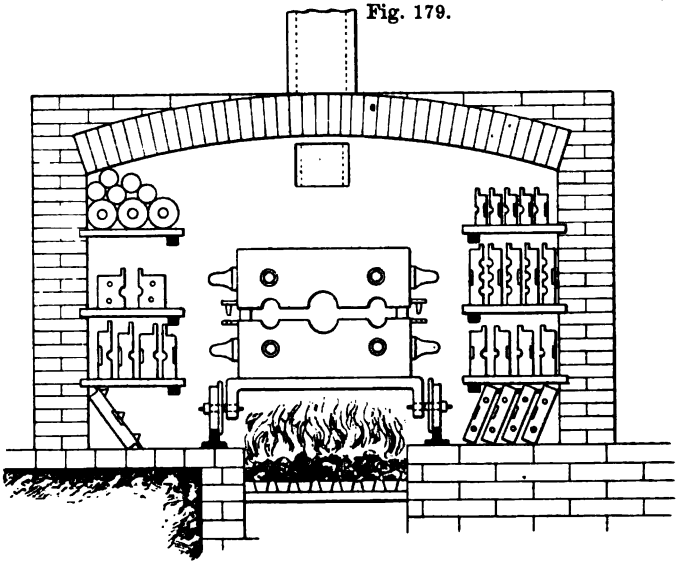
[1]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1844.
[2]) Karstens Archiv, Bd. 21, S. 512 und Berg- und hüttenm. Ztg. 1847, S. 359.
[3]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1847, S. 814.

Digitized by Google

auszuführen, die man früher mit Menschenhänden gethan hatte. Die Verbesserungen der Krahnen gehören mehr in das Gebiet des Maschinenbaues. Man erteilte der Giefspfanne die Vor- und Rückwärtsbewegung meist mit Zahnstangen, seltener mit Schrauben. Gufseiserne Krahne waren in Anwendung, doch konnte man den hölzernen Krahnen gröfsere Ausladung geben. Schmiedeeiserne Arme waren noch nicht im Gebrauch.

Die Darrkammern oder Trockenöfen, Fig. 179, versah man mit einem Feuerungsroste und Aschenfall und mit eisernen Schienenwegen, auf welchen die schweren Formen gefahren wurden. An den Wänden brachte man eiserne Gestelle an, auf welche die leichten Gichtladen, Kernkasten u. s. w. zum Trocknen gestellt wurden.

Fig. 179.



In England, wo manche Giefsereien schon ihre Specialitäten hatten, waren die betreffenden Apparate diesen angepafst. So wendete man in der Röhrengiefserei zu Chapel-Town bei Sheffield, wo 20 Stück Gasröhren auf einmal und unmittelbar vom Hochofen, stehend und uneingedämmt, gegossen wurden, besondere Darrkammern nur zum Trocknen der fetten Sandkerne an, und zwar wurde immer die ganze Anzahl der zu einem Gufs erforderlichen Kerne auf einmal getrocknet. Der Feuerungsrost befand sich in der Mitte.

Zur Vorbereitung des Formsandes kamen verschiedene Arten von Maschinen in Anwendung. Zum Zerreiben und Mahlen des Sandes bediente man sich horizontal liegender cylindrischer Walzen. Meist

Digitized by Google

war die eine der Walzen um $^1/_3$ oder $^1/_4$ kleiner. Die Zapfenlager derselben konnten durch die Druckschrauben genähert werden. Diese Zerkleinerungscylinder waren dann öfter gleich mit Trockencylindern verbunden.

In der Geschützgiefserei zu Lüttich trocknete man den Formsand erst in einem Ofen, worauf er unter stehenden Mühlsteinen zermahlen, dann durch ein Rätter geschlagen, mit $^1/_6$ feinem Kohlenstaub vermengt und mit Thonwasser befeuchtet wurde. Hierauf folgte das Durcharbeiten, Sieben u. s. w.

In Seraing setzte man dem Formsand $^1/_{16}$ Steinkohlenpulver zu und mischte zum Gebrauch 1 Tl. frischen Sand mit 1 Tl. schwarzem, d. h. schon einmal gebrauchtem Sand.

Über die chemische Zusammensetzung guter Formsande hat Kampmann im Laboratorium des Gewerbeinstituts zu Berlin 1845 Untersuchungen angestellt [1]). Danach bestand ein guter Formsand aus 93 Quarzsand, 2 Eisenoxyd und 5 möglichst kalkfreier Thonerde.

Zur Vorbereitung des Formlehms und der Masse wendete man eine Knetmaschine an; es war dies ein cylindrisches Gefäfs, in welchem sich zwei mit Messern versehene Arme an einer senkrechten Welle mit einer Geschwindigkeit von vier oder fünf Umgängen in der Minute herumdrehten.

Zweckmäfsiger noch waren die Kollergänge mit gufseiserner Sohlplatte und zwei gufseisernen Läufern, welche an einer senkrechten Welle befestigt waren und von dieser umgedreht wurden [2]).

Zum Pulverisieren von Holz- und Steinkohlen wendete man bereits Kugelmühlen an, horizontale gufseiserne Cylinder, in welchen sich eine Anzahl Kugeln zum Zerreiben der Kohlen befanden. Der Cylinder machte 25 bis 30 Umdrehungen in der Minute.

Zum Zerschlagen dicker Gufsstücke bediente man sich des Fallwerkes oder des Roheisenbrechers. Ebenso wendete man bereits hydraulische Pressen an, um Röhren unter einem Wasserdruck von 5 bis 12 Atmosphären zu prüfen [3]).

Für schwere Güsse bediente man sich so grofser Giefspfannen, dafs es nicht mehr möglich war, dieselben mit der Hand zu regieren; man brachte deshalb an denselben einen Mechanismus an, um sie mittels einer Schraube ohne Ende, welche wie ein Zahnrad eingriff,

---

[1]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1845, S. 985.

[2]) Siehe genauere Beschreibung in K. Hartmann, Vollständig. Handbuch der Eisengiefserei 1847, S. 169.

[3]) Siehe K. Hartmann, a. a. O., S. 173.

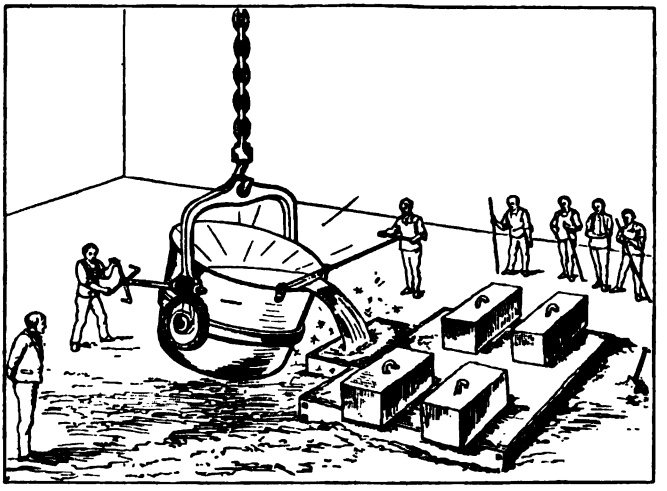
Digitized by Google

zu wenden. Diese Sicherheitsgiefspfanne, Fig. 180, hatte James Nasmyth 1838 erfunden und auf seiner Giefserei zu Patricroft bei Manchester eingeführt [1]).

Man machte die Pfannen von starkem Eisenblech und schmierte sie mit Lehm aus. Nach Guettier gehörten aufser den Handpfannen zu einer gut eingerichteten Giefserei zwei Pfannen von 50 kg, eine von 100 kg, eine von 150 kg oder von 200 kg, eine von 250 kg, eine von 350 bis 400 kg, eine von 750 bis 800 kg und eine von 1500 bis 2000 kg.

Grofse Giefsereien bedurften noch Giefspfannen bis zu 12000 kg und mehr Inhalt.

Fig. 180.



Um ein zu grofses Inventar von Giefsladen oder Formkasten zu vermeiden, bediente man sich der „französischen Laden oder der Laden aus 1000 Stücken", welche deshalb so genannt wurden, weil man mittels gufseiserner Platten und Winkel die Kastenteile zu gröfseren Kasten zusammensetzen konnte. Über die viereckigen und achteckigen Kasten, welche in den französischen Giefsereien gebräuchlich waren, hat Guettier nähere Angaben gemacht.

Zu dem Giefsereibetriebe gehörten auch hohle Kernspindeln mit Löchern oder sogenannte Laternen, ferner Kernkasten, Kernbüchsen oder Kerndrücker zur Herstellung von Kernen in festem Sande.

Infolge des grofsen Aufschwunges der Walzindustrie erlangte die

[1]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1847, S. 517.

Digitized by Google

Herstellung von Hartgufswalzen eine immer gröfsere Wichtigkeit[1]). Dieselben wurden in sehr starken Koquillen mit aufsteigendem Strom gegossen. Die Königliche Eisenhütte zu Malapane zeichnete sich darin aus.

In dieser Periode kam auch die Plattenformerei auf. Bei dieser wendete man statt der Modelle zwei Platten an, auf deren einer die obere und auf der andern die untere Hälfte des Modelles angebracht waren. Das Abformen ging bei diesen Modellplatten viel rascher und erforderte keine geschulten Arbeiter. Ofenmodellplatten dieser Art hatte man auf Rothehütte im Harz schon im Jahre 1827. In England nahmen Holmes 1838, Douglas 1846 und Fairbairn und Hetherington 1850 Patente auf solche Modellplatten.

Besondere Vorrichtungen zum Einformen von Zahnrädern liefsen sich die Franzosen Sonolet 1826, Chapelle 1844 und Ferrouilh 1850 patentieren.

Apparate zur Verfertigung von Sandformen für eiserne Röhren wurden von den Engländern Stewart 1846, Henderson 1849 und Dixon 1850 erfunden. — Henderson zu Renfrew in Schottland gab ein Verfahren an, Formen mittels Teilmodellen herzustellen[2]).

Die Röhrengiefserei hatte in dieser Periode einen bedeutenden Aufschwung genommen. Man gofs die gröfseren Röhren senkrecht in Formen, deren innere Höhlung man dadurch herstellte, dafs man sie um eine centrale Röhre, das „Seelenrohr", herumgofs. Dieses Rohr war auf die gewünschte Länge mit Strohseil umwickelt, dann mit Lehm bestrichen und geglättet. Der geschwärzte Kern (das Seelenrohr) wurde dann in die äufsere Form, welche in einer eisernen „Giefsflasche" hergestellt war, eingestellt.

Das Aduzieren des Gufseisens oder die Fabrikation von schmiedbarem Gufs breitete sich in dieser Periode nur langsam auf dem Kontinent aus. Mehrere Fabriken entstanden in Frankreich, einige bei Wien (Brevillier & Co. zu Neunkirchen und B. Fischer in Traisen). In Deutschland fand die Fabrikation in den 40er Jahren in Solingen Eingang. Fischer in Schaffhausen hatte schon seit 1828 schmied-

---

[1]) Siehe hierüber den vortrefflichen Aufsatz von Wachler zu Malapane: „Bemerkungen über die Anfertigung von Hartwalzen aus Gufseisen zu Malapane" in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen, Jahrg. 1836, S. 325; ferner Karstens Archiv, II. Reihe, Bd. VII, S. 3 und Bd. VIII, S. 254; Valerius, Handbuch der Stabeisenfabrikation (1845), S. 316; K. Hartmann, Handbuch der Eisengiefserei, S. 268; Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, S. 684; Guettier, Berg- und hüttenm. Ztg. 1848, S. 8.

[2]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg., 17. Juli 1850.

Digitized by Google

baren Gufs gemacht, wobei er feingemahlenen Hammerschlag als Aduzierpulver verwendete. Er hatte dafür ein Patent für 15 Jahre erhalten.

Über das Emaillieren gufseiserner Geschirre verweisen wir auf die Litteratur [1]).

Ein verbessertes Gufsmaterial erfand J. D. M. Stirling. Er nannte es zähgemachtes Gufseisen (toughened cast iron) [2]); es wurde allgemeiner bekannt unter dem Namen Stirlingmetall. Heutzutage pflegt man diese Art Gufs als Stahlgufs zu bezeichnen. Stirlings englisches Patent (Nr. 11262) wurde am 29. Juni 1846 erteilt. Die Erfindung beruhte auf einem Zusatz von $^1/_5$ bis $^1/_3$ oder mehr Schmiedeeisen zu dem Gufseisen. Dies konnte in der Weise geschehen, dafs man das flüssige Gufseisen in eine Form laufen liefs, in welcher das Schmiedeeisen enthalten war, und das so erhaltene unvollkommene Gemenge dann im Kupol- oder Flammofen oder im Tiegel umschmolz; besser war es aber, das geschmolzene Gufseisen über das schweifswarm gemachte Schmiedeeisen zu giefsen und es so lange in der Hitze zu lassen, bis das Eisen gelöst und gemischt war. — Das so erhaltene Material liefs sich auch sehr gut in dem Flammofen, in dem es gemischt wurde, zu einem sehr festen Schweifseisen verpuddeln.

Um das Gufseisen noch fester und zäher zu bekommen, empfahl Stirling einen Zusatz von $^1/_{500}$ Silber, während man harten Gufs durch Zusatz von 2 bis 10 Proz. Mangan erhielt. Dafs Stirlingmetall bedeutend fester war als Gufseisen, haben Rennie und Fairbairn anerkannt; letzterer bezeichnete seine Festigkeit mit 51,5, die des gewöhnlichen Gufseisens mit 33,25.

M. Poole schlug 1848 eine Reinigung des Gufseisens durch gewisse sauerstoffreiche Körper, wie Eisenoxyd, Chromeisenstein, Braunstein, salpetersaure oder chlorsaure Salze vor, welche in den Hochofen durch die Form eingeblasen oder in den Gufspfannen in das flüssige Eisen eingerührt werden sollten.

Die Verwendung des Gufseisens fand in dieser Periode eine wichtige Ausdehnung durch den in den Vereinigten Staaten von Amerika aufgekommenen Bau gufseiserner Häuser. Allerdings hatte man auch schon früher Gufseisen zu Bauzwecken verwendet. Boulton und

---

[1]) Erbe in Schmalkalden, Gründl. Anweisung zum Emaillieren u. s. w., Quedlinburg 1837; Erdmanns Journ. f. prakt. Chem. 1838, Bd. 13, S. 12; Jahrbücher d. K. K. polyt. Instit. zu Wien 1839, XX, 302; Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, §. 846 bis 849; Valerius, Handb. d. Roheisenfabrikation, S. 714 etc.

[2]) Vgl. auch Berg- und hüttenm. Ztg. 1851, S. 129.

Digitized by Google

Watt hatten 1801 ein grofses feuerfestes Gebäude für die Baumwollenspinnerei von Philipps & Lee in Manchester erbaut, wozu gufseiserne Balken verwendet wurden, wobei Watt schon sehr richtige Profile und Mafsverhältnisse anwendete. Hodgkinson behandelte diese Frage 1827 theoretisch. In New-York begann man anfangs der 40er Jahre die ersten Häuser aus Gufseisen zu erbauen, die dann infolge des Goldfiebers in Kalifornien zu ausgedehnter Anwendung kamen. Man konnte die amerikanischen gufseisernen Häuser in einigen Tagen zusammensetzen, während man für die aus England bezogenen schmiedeeisernen Häuser einen ganzen Monat brauchte.

Schweifseisen 1831 bis 1850.

I. Die direkte Darstellung.

Schmiedbares Eisen unmittelbar aus den Erzen zu gewinnen, statt auf dem Umwege der Roheisenerzeugung, war ein Problem, das niemals ganz verschwand, sondern von Zeit zu Zeit immer wieder auftauchte. Die Zahl der dafür gelösten Patente ist eine sehr grofse. Über das Ausschmelzen der Erze im Flammofen und direktes Verpuddeln des so erhaltenen Eisens hatte Maison-Desroches einen langen Aufsatz in den Annales des mines von 1829 veröffentlicht [1]).

1836 nahm J. J. Hawkins auf eine Mitteilung von P. Boydon hin in England ein Patent, geröstete oder gebrannte Erze mit Holzkohle gemischt in geschlossenen Gefäfsen oder Öfen, am besten in einem Stahlcementierofen, zu glühen oder zu cementieren. Je nach dem Zusatze der Holzkohle wollte er auf diese Weise Eisen von verschiedenem Kohlengehalt erhalten, das als Gufseisen oder als Gufsstahl in Tiegeln geschmolzen oder als Schmiedeeisen in Puddel- oder Schweifsöfen weiter verarbeitet werden sollte.

1837 erhielt William Neale Clay ein Patent auf sein Verfahren, reiche Eisenerze — Karbonate oder Oxyde — in nufsgrofsen Stücken mit 20 Proz. Koks, Holzkohlen, Torfkohlen, Anthracit oder ähnlichen Kohlensubstanzen in D-förmigen Retorten in einem Ofen, der mit einem Puddelofen verbunden war und von der entweichenden Flamme desselben erhitzt wurde, 12 Stunden lang der Rotglut aus-

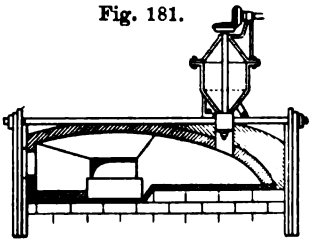
[1]) L. c., 2. Serie, T. VI, p. 125. J. S. Dawson wollte Eisengarschlacke und Eisenoxyde mit Kohle gemengt im Flammofen reduzieren (E. P. 6374 vom 29. Jan. 1833).

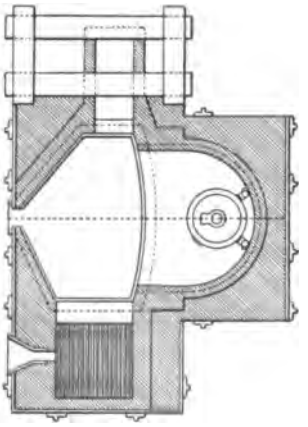
Digitized by Google

zusetzen. Hierauf sollte das reducierte Metall unmittelbar in den Puddel- oder Schweifsofen gebracht und hier, wenn nötig, unter Zusatz von Kohlen ausgeschweifst, geschmiedet und gewalzt werden. Die Reduktion der Erze konnte auch in konischen Schachtöfen (Kilns) vorgenommen werden. Um Giefsereieisen zu erhalten, vermehrte man nur den Kohlenzusatz und erhitzte länger.

Clays Methode wurde auf den Shiwa-Works bei Kirkintilloc in Schottland und zu Workington in England [1]) ausgeführt. 1846 wurden ausgedehnte Versuche in Walkers Eisenwerken vorgenommen, doch erwiesen sich die Kosten von Clays Prozefs beträchtlich höher als bei dem indirekten Verfahren. Fig. 181 zeigt Clays Ofen. Man verarbeitete reinen Hämatit, den man mit 40 Proz. Steinkohlen vermischte und so fein mahlte, dafs er durch ein Sieb von $^1/_8$ Zoll Maschen geschlagen werden konnte.

Fig. 181.





Charles Sanderson nahm 1838 ein ähnliches Patent (Nr. 7828), welches dahin ging, dafs Thoneisenstein, mit Kohle gemengt, geröstet und reduciert werden solle und zwar in einem Doppelflammofen in zwei getrennten Herden. Durch eine entsprechende Beschickung wurde die Bildung einer sehr leichtflüssigen Schlacke vorbereitet. Das reducierte Gemisch brachte man alsdann in einen andern schachtförmigen Ofen, wo es bis zur Schmelztemperatur der Schlacken erhitzt wurde, die dann aussaigerten, während das Metall ungeschmolzen zurückblieb.

Das bekannteste Patent, welches denselben Zweck verfolgte, war das von Josiah Marshall Heath vom 5. April 1839. Er wollte reines oxydisches oder kohlensaures Eisenerz ohne jeglichen Zuschlag bei einem Überschufs von Kohle schmelzen. Zu dem Zweck füllte er seinen Schachtofen erst mit Brennmaterial allein und begann dann, wenn der Ofen genügend heifs war, Erz zu setzen. Er chargierte dann 65 bis 70 Pfd. Erz auf 100 Pfd. reinen Koks oder Holzkohlen.

[1]) Genauere Angaben über den Betrieb zu Workington in Percy, Iron and Steel, p. 331.

Digitized by Google

Das geschmolzene Metall liefs er in eiserne Formen laufen, damit es nicht durch Sand verunreinigt wurde. Dieses reine Gufseisen schmolz er dann in einem Kupolofen mit Eisenfeilspänen oder reinem Eisen-, Mangan- oder Chromoxyd ein und erhielt auf diese Weise harten Gufsstahl. Um diesen weicher zu machen, glühte er die Güsse (ingots) von Gufsstahl in einem Cementierofen mit Eisen- oder Manganoxyd ohne Holzkohle. Heath stellte aus indischem Roheisen mit Eisenerz von Dartmouth in Devonshire wirklich einen guten Gufsstahl dar.

Weiches Eisen wollte er durch Puddeln des zuerst geschmolzenen Metalles mit 1 bis 5 Proz. Manganoxyd erhalten.

Auch in den 40er Jahren wurde eine Anzahl Patente für denselben Zweck erteilt, so eins an W. N. Clay für Reduktion der Erze und Schweifsen im Flammofen am 31. März 1840 (Nr. 8459). Auch in Deutschland machte man eine Reihe von Versuchen in dieser Richtung. Man verarbeitete auf dem Eisenwerk des Herrn v. Winkler in Schlesien im Jahre 1842 ein Gemenge von Eisenerz und Holzkohle im Puddelofen. Das erhaltene Eisen war aber von sehr mittelmäfsiger Güte. Bessere Resultate will Thomä mit demselben Verfahren in Mähren erlangt haben. Er setzte diese Versuche später am Ural und dann bei Suhl fort, angeblich mit Erfolg. von Gersdorff reducierte Spateisenstein mit Holzkohlenpulver gemischt in Tiegeln, ohne die Masse zum Flufs kommen zu lassen, und schweifste das reducierte Eisen in einem Frischherde zusammen. Diese Versuche wurden 1843 zu Neuberg in Steiermark ausgeführt.

In Neuberg machte man auch den Versuch, die Erze in einem grofsen Zugschachtofen ohne Gebläse zu schmelzen und das Eisen in einem mit den Gasen des Ofens auf der Gicht befindlichen Puddelofen zu verarbeiten. Man erzielte aber nicht die nötige Hitze in dem unteren Teile des Schachtofens.

Josef von Rosthorn liefs sich 1847 ein dem obigen ähnliches Verfahren in Österreich patentieren.

Ein bemerkenswertes Patent (Nr. 11515) erhielt am 31. Dezember 1846 der Franzose Adrien Chenot. Sein Princip war dasselbe, er wollte durch Reduktion und stärkere oder schwächere Kohlung ein gekohltes Eisen erzeugen, welches entweder Gufseisen oder Stahl oder Stabeisen entsprach und bei entsprechender Behandlung als solches verarbeitet werden konnte. Er bediente sich dazu eines Schweifs- oder Schmelzofens, in dem er die höchste Hitze erzeugen konnte, und eines Reduktionsofens, der von der entweichenden Hitze des ersteren geheizt wurde. Der Reduktionsofen bestand aus einer Retorte oder

Digitized by Google

einem ähnlichen geschlossenen Gefäfs, über deren Gestalt er Vorschläge machte. Man konnte auch reducierende Gase durch den Reduktionsapparat leiten. Er erhielt nach seiner Angabe eine schwammartige Metallmasse von Stahl oder Eisen, die er pulverte und je nach Bedürfnis, um eine beliebige Sorte von Eisen oder Stahl zu erhalten, mit Kohlenstaub mischte und in dem Schweifs- oder Schmelzofen zusammenschweifste oder schmolz.

Dies war das erste einer Reihe von Patenten über den „Chenot-Prozefs", der während der 50er Jahre die Eisenhüttenleute aller Länder in hochgradige Spannung versetzte und auf den wir in dem nächsten Abschnitte zurückkommen werden.

Ein Patent von de Meckenheim vom 31. Mai 1842 (Nr. 9373) bezieht sich unter anderem auch auf einen Frischofen zur direkten Eisendarstellung mit geteilten Formen, durch deren eine Abteilung Gas, durch deren andere Wind eingeblasen werden sollte. Die entweichende Hitze sollte noch einen Erzröstofen und einen Trockenofen heizen.

Sir Fr. Ch. Kowles reducierte reine Eisenerze in Retorten mit gereinigtem Kohlengas, Kohlenoxydgas etc. (E. P. 12687 vom 4. Juli 1849). Um Schmiedeeisen zu erhalten, wurde das nur wenig gekohlte Eisen im Puddelofen weiter behandelt. Wollte man Stahl oder Gufseisen erhalten, so mufste das reducierte Eisen höher gekohlt werden, was zweckmäfsig durch einen Zusatz von Kohlenpulver in der Retorte geschah; das etwa 1 Proz. Kohlenstoff enthaltende Metall wurde im Tiegel zu Stahl, die bis zu 3 bis 4 Proz. gekohlte Masse im Kupolofen zu Gufseisen geschmolzen.

Die alte deutsche Rennarbeit wurde in dieser Periode in Deutschland nur noch in Schmalkalden betrieben und erlosch erst im Jahre 1845. Rennfeuer und Stückofenbetrieb waren im östlichen Europa noch sehr verbreitet. Ebenso waren in den Vereinigten Staaten noch Rennfeuer im Gebrauch.

Die Eisenbahnen 1831 bis 1850.

Die Stabeisenbereitung nahm in dieser Periode einen grofsartigen Aufschwung. Die wichtigste Veranlassung dazu gab die Einführung von Eisenbahnen in allen Kulturländern. Diese übte auf die Eisenbereitung und Verarbeitung, besonders auf die Puddel- und Walzindustrie, einen so grofsen Einfluls, dafs es zweckmäfsig erscheint, das Bemerkenswerteste darüber schon hier mitzuteilen.

Digitized by Google

Stephensons Triumph bei Rainhill erregte das Interesse der Gebildeten aller Länder, und die Ahnung einer neuen Zeit ging durch alle Gemüter. Das Verlangen nach Eisenbahnen wurde nach den glänzenden Erfolgen der Liverpool-Manchester-Bahn ein allgemeines. Die beiden Stephensons blieben nicht stehen, sondern suchten unablässig die Lokomotiven, das Fahrmaterial, die Schienengleise, das Signalwesen u. s. w. zu verbessern. An diesen Bestrebungen beteiligten sich die hervorragendsten Ingenieure.

Bald nach der Eröffnung der ersten Vollbahn bildeten sich, sowohl in England, wie auf dem Kontinente, Gesellschaften zum Bau von Eisenbahnen. Bei der Neuheit der Sache schritt aber die Ausführung nur langsam voran. In Bezug auf die technische Ausführung war man noch ganz und ausschliefslich auf England angewiesen.

Die ersten Bahnen auf dem Kontinente wurden mit englischem Material gebaut und mit englischen Maschinen betrieben.

Aber auch in England selbst ging der Eisenbahnbau in den ersten Jahren nach der Eröffnung der Liverpool-Manchesterbahn am 15. September 1830, welche den Beginn des Zeitalters der Eisenbahnen bildet, nur langsam von statten, weil eine leidenschaftliche Opposition der Kanalinteressenten, der Transportgesellschaften und der Grundbesitzer, welche sich in ihrem Erwerb gefährdet glaubten, dagegen erregt wurde. Die wichtigen Eisenbahnlien Liverpool-Birmingham, Birmingham-London, London-Southhampton, London-Bristol und London-Norwich kamen erst nach Jahren zu stande. Folgende Zusammenstellung giebt ein übersichtliches Bild des Wachstums der Eisenbahnen in England bis Ende 1838:

Tag der Eröffnung	Eröffnete Strecken	Name der Bahnen	Länge in km
27. Septbr. 1825	Stockton-Darlington	North-Eastern	41
15. „ 1830	Liverpool-Manchester	London-North-Western	51
? 1832	Edingburg-Dalkeith	North-British	19
17. Dezbr. 1834	Dublin-Kingstown	Dublin-Wicklow	10
1. Juli 1835	Von Hartpool nach den Docks	North-Eastern	25
6. „ 1837	Birmingham-Liverpool	London-North-Western	125
4. Juni 1838	London-Maidenhead	Great-Western	33
20. Septbr. 1838	London-Birmingham	London-North-Western	181

Von 1839 bis 1850 wurden folgende Längen eröffnet: 1839 49 km, 1840 242 km, darunter die Linie London-Southhampton, 1841 173 km, 1842 78 km, 1843 180 km, 1844 658 km, darunter London-Dover, 1845 476 km, 1846 674 km, 1847 671 km, 1848 833 km, 1849 457 km, 1850

Digitized by Google

866 km. Von dem Jahre 1844 an ist eine grofsartige Zunahme im Bahnbau Englands zu bemerken. Während Ende 1840 nur 1349 km Eisenbahnen im Betriebe standen, betrug Ende 1850 deren Länge bereits 10659 km.

Von allen Staaten des Kontinents hat der jüngste, das erst durch die Revolution von 1830 entstandene Belgien, die Bedeutung der Eisenbahnen am schnellsten erfafst und sich dieselben nutzbar gemacht. Belgien hat zuerst von allen Ländern den Plan eines einheitlichen Eisenbahnnetzes für das ganze Land entworfen und durchgeführt. Der Erbauer war der Staat selbst. Der Techniker, der aber den Entwurf dazu machte, war kein geringerer als Georg Stephenson, dem die Regierung die Bearbeitung dieser wichtigen Aufgabe im Jahre 1834 übertragen hatte. Das kühne Unternehmen hatte glänzenden Erfolg. Nachdem die ersten Hauptlinien erbaut waren, nahm die belgische Industrie einen Aufschwung, der bewunderungswürdig war, vor allem die Eisenindustrie, welche den Mut hatte, selbst und selbständig sowohl die Schienenfabrikation, als den Lokomotivbau in die Hand zu nehmen. Das kleine Belgien wurde ein Konkurrent Englands und kein zu verachtender, denn durch die Intelligenz trefflicher Ingenieure führte es Verbesserungen in dem Eisenhüttenwesen ein, die mustergültig wurden.

Das belgische Staatsbahnnetz hatte Mecheln zum Ausgangspunkt. Von hier aus gingen die vier Hauptlinien, eine östlich nach der preufsischen Grenze, eine nördlich nach Antwerpen, eine westlich nach Ostende und dem Meere und eine südlich nach Frankreich. 1843 hatte der Staat das 560 km lange Netz vollendet. Von da an verzichtete er auch auf weitere eigene Unternehmungen.

Am 5. Mai 1835 wurde die erste Strecke Mecheln-Brüssel von 20 km eröffnet, am 3. Mai 1836 folgte die Strecke Mecheln-Antwerpen von 22 km Länge. Ende 1837 betrug das belgische Bahnnetz 142 km, Ende 1838 258 km, Ende 1840 334 km, Ende 1843 558 km, Ende 1850 854 km.

In Deutschland gebührt dem Königreich Baiern der Ruhm, die erste Eisenbahn mit Lokomotivbetrieb erbaut zu haben. Es war die Nürnberg-Fürther Linie, welche am 7. Dezember 1835 eröffnet wurde. von Baader hatte schon in den 20er Jahren auf die Wichtigkeit des englischen Eisenbahnwesens hingewiesen und eifrig dafür gewirkt, und die Nürnberg-Fürther Bahn darf als das Ergebnis dieser Bemühungen bezeichnet werden.

Baiern folgte zuerst das Königreich Sachsen, wo die Leipzig-

Digitized by Google

Dresdener Bahn in den Jahren 1837 und 1838 fertiggestellt wurde. Die erste Teilstrecke Leipzig-Althen war am 24. April 1837 eröffnet worden. 1838 wurde die erste Eisenbahnstrecke in Preufsen eröffnet. Es war dies die Berlin-Potsdamer Bahn, welche am 29. Oktober dem Verkehr übergeben wurde. In demselben Jahre wurden am 1. Dezember die Linie Braunschweig-Wolfenbüttel, und am 20. Dezember die erste Teilstrecke der Bergisch-Märkischen Bahn, Düsseldorf-Erkrath, dem Betrieb übergeben. Am 29. Juni 1839 folgte die Strecke Magdeburg-Schönebeck der Magdeburg-Leipziger Bahn und am 2. August Köln-Müngersdorf der Rheinischen Bahn. Am 1. September 1839 wurde München-Lochhausen, das erste Stück der baierischen Staatsbahn, und am 26. September die erste Strecke der nassauischen Taunusbahn, Frankfurt-Höchst, eröffnet.

Die Bahnlängen der deutschen Eisenbahnen ohne Österreich betrugen am Jahresschlufs 1835 6 km, 1837 21 km, 1838 139,5 km, 1839 239,6 km, 1840 468,9 km, 1841 683,4 km, 1842 931 km, 1843 1311,3 km, 1844 1751,9 km, 1845 2142,8 km, 1846 3280,9 km, 1847 4306,3 km, 1848 4989,4 km, 1849 5443 km, 1850 6142,8 km.

Österreich kann sich von allen Staaten des Kontinents der ersten Eisenbahnen rühmen, allerdings nicht mit Dampf-, sondern mit Pferdebetrieb. Der thätige Ritter Franz von Gerstner war es, der die Anregung zur Erbauung der Bahn Linz-Budweis im Jahre 1825 gab; hiervon wurde die Strecke Budweis-Kerschbaum (64,5 km) im September 1828 und die Strecke Kerschbaum-Linz (66,4 km) am 1. August 1832 eröffnet. Sie gehörte der Elisabethbahn-Gesellschaft. 1830 wurde die Pferdebahn Prag-Lana fertiggestellt und die Linie Linz-Gmunden in den Jahren 1834 bis 1836 erbaut. Die erste Lokomotivbahn baute die Kaiser-Ferdinand-Nordbahngesellschaft von Wien nach Brünn 1836 bis 1839; hiervon wurde die erste Teilstrecke Floridsdorf-Wagram am 23. November 1837 eröffnet. Mit den genannten Pferdebahnlinien, die nach und nach in Lokomotivbahnen umgewandelt wurden, betrug Ende 1840 die Länge der österreichischen Eisenbahnen 426,4 km. Von dieser Zeit an ging der Eisenbahnbau etwas rascher voran, namentlich auf der grofsen Linie Wien-Triest.

Ende 1845 betrug die Länge der österreichischen Bahnlinien 1058 km, Ende 1846 1354,4 km, 1847 1632 km, 1848 1674,3 km, 1849 1929,6 km, 1850 2214,2 km. — Im Vergleich mit Deutschland blieb Österreich in dieser Zeit beträchtlich zurück.

In Frankreich hatten sich die Verhältnisse in ganz ähnlicher Weise entwickelt. Auch hier hatte man schon in den 20er Jahren

Digitized by Google

mit dem Bau von Pferdebahnlinien begonnen und ging dann erst spät zu Lokomotivbahnen über. Die Paris-Lyoner Eisenbahngesellschaft hatte in den Jahren 1828 bis 1834 im Loiredepartement ein ganzes Netz von Pferdebahnen, welches hauptsächlich dem Steinkohlenverkehr diente, erbaut. Die erste Strecke St. Etienne-Andrégieux wurde am 1. Oktober 1828, die zweite, Rive de Giers-Givors, am 1. Oktober 1830 eröffnet. Das ganze Netz umfaſste Ende 1834 141 km.

Erst am 26. August 1837 wurde die erste Lokomotivbahn Frankreichs von Paris nach St. Germain dem Verkehr übergeben.

Der Eisenbahnbau schritt in Frankreich nur langsam voran, da die Kammern das Staatsbahnprojekt im Jahre 1835 verwarfen und man nur beschränkte Konzessionen erteilte. Erst nach mehreren Jahren brachte ein Engländer, Locke, den Bahnbau wieder etwas in Fluſs, doch dauerte es bis 1842, ehe die Regierung dem Druck der öffentlichen Meinung nachgab und die Hauptlinien von Paris nach Belgien, nach Straſsburg, nach Lyon und Marseille, nach Bordeaux und nach Nantes feststellte. Ende 1839 hatte Frankreich 240 km Eisenbahnen, Ende 1840 427 km, Ende 1842 586 km, Ende 1845 870 km, Ende 1846 1309 km, 1847 1817 km, 1848 2207 km, 1849 2845 km, Ende 1850 2996 km. Das reiche Frankreich war also bis zu dieser Zeit nur langsam mit Bahnbauten vorangegangen.

Noch viel mehr waren die übrigen Länder Europas zurückgeblieben.

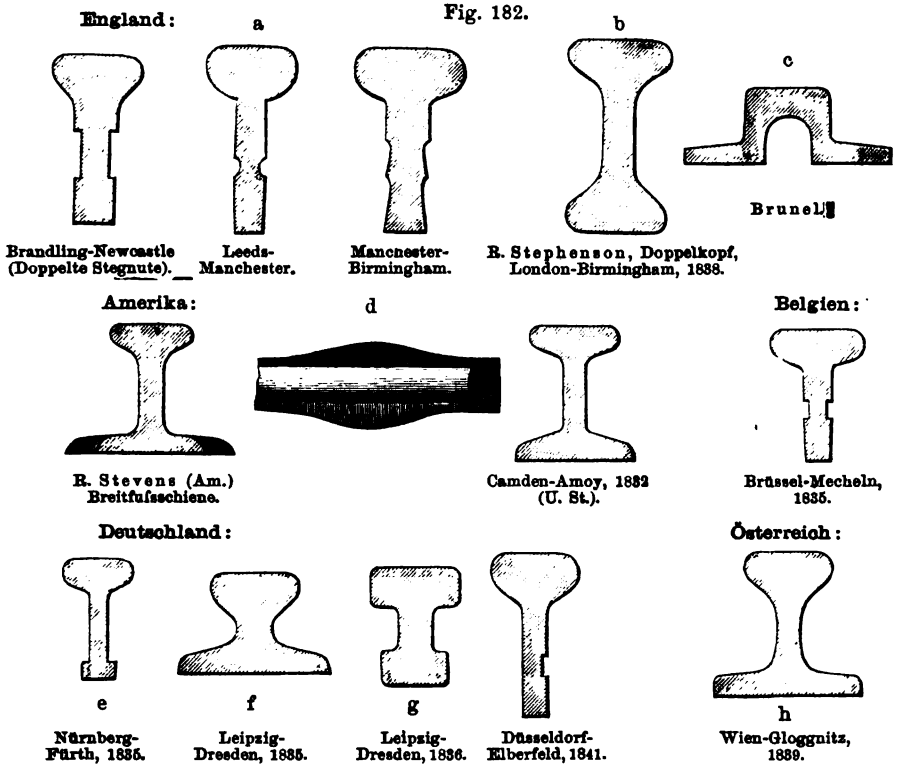
Dagegen hatten die Vereinigten Staaten von Nordamerika von dem neuen Kulturmittel mit Energie Gebrauch gemacht und ihr Eisenbahnwesen, zum Teil schon unabhängig von England, in eigenartiger, groſsartiger Weise ausgebildet. Zu dem raschen Aufschwung des amerikanischen Eisenbahnwesens trug besonders die Leichtigkeit der Konzessionserwerbung bei. Die Freibriefe, welche die Anlage einer Eisenbahn erlaubten, wurden in den Vereinigten Staaten von den Einzelstaaten erteilt, und eine beliebige Anzahl Bürger konnte zum Bau einer Eisenbahn zu einer Gesellschaft zusammentreten, sobald für jede englische Meile 1000 Dollar gezeichnet und 100 Dollar eingezahlt waren.

Die erste Eisenbahn in den Vereinigten Staaten wurde von Quincy bei Boston nach dem Flusse Neponset im Jahre 1825 gebaut, um Steine von den Brüchen nach dem Verladeplatze zu schaffen. Diese Strecke wurde auch, wie die in den darauffolgenden Jahren erbauten von Mauch Chunk nach dem Lehigh-River (Pa.) und die Baltimore-Ohio-Bahn, noch mit Pferden betrieben. Aber schon am

Digitized by Google

28. Dezember 1829 wurde die erste Lokomotivbahn von Baltimore nach Elicotts Mills, 15 engl. Meilen lang, dem Betriebe übergeben, und rasch bedeckten sich nun die östlichen Staaten der Union mit einem Netz von Eisenbahnen. Man baute nicht mit der ängstlichen Sorgfalt wie in Europa, dafür aber auch viel rascher und billiger. Auch im Lokomotivbau ging Nordamerika seine eigenen Wege. 1833 bauten Balduin und Norris in Philadelphia eine eigentümliche Gattung von Lokomotiven mit beweglichem Vordergestell, die sich ganz besonders zum Befahren scharfer Bahnkurven eignete und die noch

Fig. 182.



heute im Gebrauch ist. Die Vereinigten Staaten überflügelten Grofsbritannien im Eisenbahnbau hinsichtlich der Länge der betriebenen Strecken in kurzer Zeit. Ende 1830 betrug die Länge der englischen Linien 86 engl. Meilen, der nordamerikanischen 54.

1831	hatte	England	100	Meilen,	Amerika	bereits	131	Meilen (zu 1609 m)
1832	„	„	116	„	„	„	576	„
1840	„	„	838	„	„	„	3319	„
1850	„	„	6621	„	„	„	8589	„

Digitized by Google

Diese letzteren Zahlen entsprechen 10649 und 13820 km. Eine englische Meile Doppelgleise erforderte 280 Tonnen Eisen für Schienen. Unter der Annahme, dafs die aufgeführten Linien doppelgleisig waren, hätte England Ende 1850 1853880 Tonnen Eisen allein für Eisenbahnschienen verbraucht.

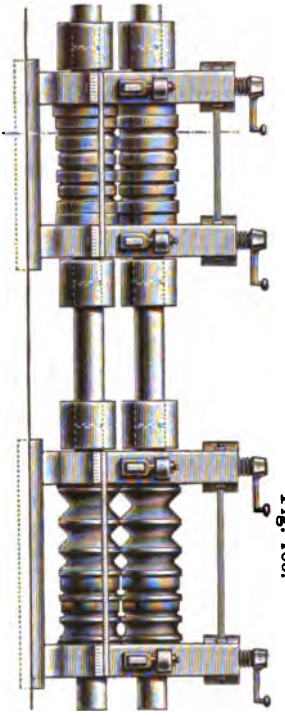


Fig. 183.

Hieraus läfst sich erkennen, in welch' hohem Mafse die neuen Bedürfnisse der Eisenbahnen die Thätigkeit der Eisenindustrie in Anspruch nahmen. Einen ganz besonderen Aufschwung nahmen durch den Bedarf der Eisenbahnen die Walzwerke, und die grofsen Verbesserungen in der Walzwerksindustrie, mit welcher die in diesen Zeitabschnitt fallende Erfindung des Dampfhammers eng verknüpft ist, sind besonders charakteristisch für diese Periode.

Für die Schienenprofile hielt man in England an der Pilzschiene mit Steg und einfacher oder doppelter Stegnute (Fig. 182a, a. v. S.) zur Befestigung auf den Stühlen (Fig. 89, S. 267) fest. Aufserdem wurden dieselben meist in Fischbauchform (Fig. 86, S. 266) ausgewalzt, was aber in der Regel auf einem besonderen, in Fig. 183 abgebildeten Walzwerk[1]), dessen eine Walze im Verhältnis der Ausbauchung excentrisch gestellt war und in aufrechter Stellung des Profils geschah. 1838 führte Robert Stephenson auf der London-Birmingham Bahn die Doppelkopfschiene (Fig. 182b) ein. In Amerika ging man zuerst zu den Breitfufsschienen, deren erste Form (Fig. 182d) von R. Stevens herrührt. Die Breitfufsschiene der Linie Camden-Amoy von 1832 (Fig. 182d[1]) hatte schon grofse Ähnlichkeit mit der 1836 erfundenen und später in Europa meist verbreiteten Vignolschiene. Die Breitfufsschienen kamen seit Ende der 30er Jahre in Europa zu allgemeiner

[1]) Hiernach ist die Darstellung auf S. 268 zu verbessern.

Digitized by Google

Annahme. Isambert Brunel gab dagegen den sogenannten Brückenschienen (Fig. 182 c) den Vorzug.

Ehe wir aber zu diesen Verbesserungen übergehen, müssen wir die Fortschritte betrachten, welche die Herstellung des Schweifseisens — ein anderes Schmiedeeisen kannte man damals noch nicht — in dieser Zeit erfahren hat.

Das Frischen 1831 bis 1850.

Das Frischen des Roheisens in Herden mit Holzkohlen wurde zwar durch das Flammofenfrischen mit Steinkohlen mehr und mehr eingeschränkt, dennoch behauptete es sich auf dem Kontinent noch als das verbreitetste und wichtigste Verfahren der Stabeisenbereitung. Indessen war es den Hammerwerksbesitzern zum Bewufstsein gekommen, dafs sie nur durch gröfste Sparsamkeit und durch technische Verbesserungen den Kampf mit dem Steinkohlenbetriebe fortführen konnten, und die sonst so konservativen Hammerherren sahen sich zu mancherlei Verbesserungen gezwungen.

Als eine der wichtigsten erschien die Anwendung erhitzter Gebläseluft bei dem Frischfeuerbetriebe. Es war nicht schwierig, die Winderhitzung mit dem Frischfeuerbetriebe zu verbinden. Einige gekrümmte Rohre in der Esse über dem Feuer angebracht genügten, um die erforderliche Erwärmung des Windes auf 100 bis 200° C. herbeizuführen. Das Verfahren wurde denn auch auf vielen Hütten eingeführt[1]), so 1834 zu Königsbronn, Unterkochen und Abtsgemünd und zu Michelbach im Nassauischen, 1835 zu Creuzburger Hütte und Malapane in Schlesien und Sollinger Hütte am Harz.

Sehr günstige Resultate erzielte man auf dem Malapaner Hüttenwerke in Oberschlesien, und hat Wachler die dort in den Jahren von 1836 bis 1839 gemachten Erfahrungen veröffentlicht[2]). Daraus ergiebt sich, dafs man aus 100 Pfd. Roheisen bei kaltem Winde 74,77 Pfd., bei heifsem Winde 78,14 Pfd. Stabeisen erhielt. Der Brennmaterialaufwand betrug bei kaltem Winde 17,8, bei heifsem Winde 16,6 Kbffs. Holzkohlen. Karsten redete hauptsächlich auf Grund dieser Erfahrungen der Anwendung erhitzter Gebläseluft beim Frischprozesse eifrig das Wort. Der ungünstigen Erscheinung, dafs das Roheisen bei heifsem Winde zu roh einschmilzt und das Garen dadurch sehr er-

[1]) Siehe Walter und Le Blanc, a. a. O., II, S. 161, wo sich eine Zusammenstellung von Resultaten findet.

[2]) Siehe Karstens Arch. f. Min. etc., X, 703 und XI, 171.

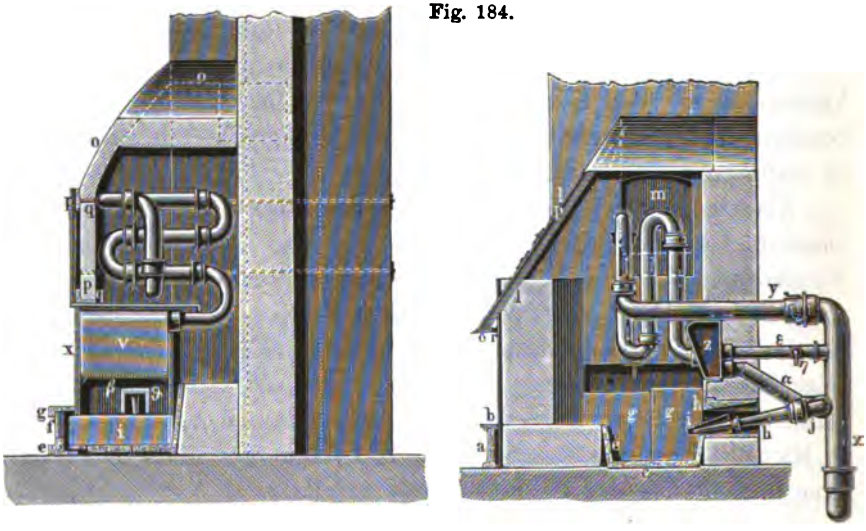
Digitized by Google

schwert und verzögert wird, legte er nicht die Bedeutung bei, die sie verdiente [1]).

Die Art, wie die Winderhitzung und die Windführung stattfand, ist aus der Abbildung, Fig. 184, eines Frischfeuers auf der Karstenhütte bei Rybnik in Oberschlesien zu ersehen. Das Verfahren zu Malapane und überhaupt auf den oberschlesischen Holzkohlenhütten war die Dreimalschmelzerei, also das deutsche Frischen mit Roh- und Garaufbrechen, welches man in dieser Form auch als schlesische Frischmethode beschrieben hat [2]).

Eine andere Verbesserung, welche man bei den Frischfeuern in manchen Gegenden einführte, war die Überwölbung des Frischherdes, was ein Zusammenhalten der Wärme und dadurch eine Brennmaterial-

Fig. 184.



ersparnis bezweckte. Das Ausheizen mufste dann allerdings in einem besonderen Feuer erfolgen. Dieses Verfahren hatte seinen Ausgang von England, wo die Frischfeuer in Südwales schon in früherer Zeit überwölbt waren. Von da gelangte es nach Schweden, wo diese Herde und diese Frischmethode unter dem Namen Lancashire-Prozefs Verbreitung fanden. Percy hat hierüber interessante geschichtliche Notizen mitgeteilt [3]), die er von einem Herrn F. C. Waern von Gothenburg, dessen Vater bei der Sache beteiligt war, erhalten hatte. Danach führten die Sheffielder Stahlfabrikanten fortwährend Klage über das

[1]) Siehe Karsten, Eisenhüttenkunde, §. 905.
[2]) Siehe Wedding, Eisenhüttenkunde, III, 59.
[3]) Percy, Iron and Steel, p. 597.

Digitized by Google

schwedische Eisen, welches in Wallonschmieden dargestellt war. Dies veranlafste C. F. Waern von Baldenås in Schweden und Brändström von Hull im Jahre 1829, Frischschmiede von Südwales, welche dort das gute Eisen für die feinen Holzkohlenbleche zu machen verstanden, mit nach Schweden zu nehmen.

Es waren im ganzen drei Familien, darunter namentlich die Familie Houlder mit drei Söhnen und einem Schwiegersohn, namens Whittington, alles treffliche Arbeiter. Mit Hülfe dieser Männer wurde das Verfahren zu Båkefors in Schweden eingeführt.

Als die Hüttensocietät von dem Erfolge des neuen Verfahrens Kenntnis erhielt, entsandte sie mit Waerns Zustimmung den geschickten Hüttenmeister G. Eckman, um das Verfahren in seinen Einzelheiten zu studieren. Anfangs waren die englischen Arbeiter mifstrauisch, weil sie ihr Geheimnis nicht verraten wollten, aber bald gelang es Eckman, ihr Vertrauen zu gewinnen und alles zu erfahren. Eckman berichtete, dafs dieses gerade das richtige Verfahren sei, nach dem die schwedischen Hammerherren durch mancherlei Abänderungen bei den Wallonschmieden längst gestrebt hätten. Er selbst führte das Verfahren auf seinem eigenen Werke bei Losjöfors und auf anderen Werken bei Lennartsfors und bei Lilgendahl ein. Aufserdem kam es damals noch in den Hammerwerken Christinendahl zur Anwendung. — Norwegische Hüttenbesitzer verführten später durch höhere Löhne die englischen Arbeiter, Waern zu verlassen, aber der alte Houlder und einer seiner Söhne blieben ihrem Herrn treu, und der Sohn war um 1864 noch im Dienste von Waerns Sohn.

17 Jahre lang waren die oben genannten Werke die einzigen, welche diese Lancashire-Methode betrieben, weil man befürchtete, dafs, wenn zu viel von diesem Eisen gemacht würde, sein Preis sänke. Dann aber verbreitete sie sich mit einemmal und verdrängte die alten Wallonschmieden fast gänzlich. Tunner hat in seinem „wohlunterrichteten Hammermeister“ 1846 dieses Frischverfahren zuerst beschrieben.

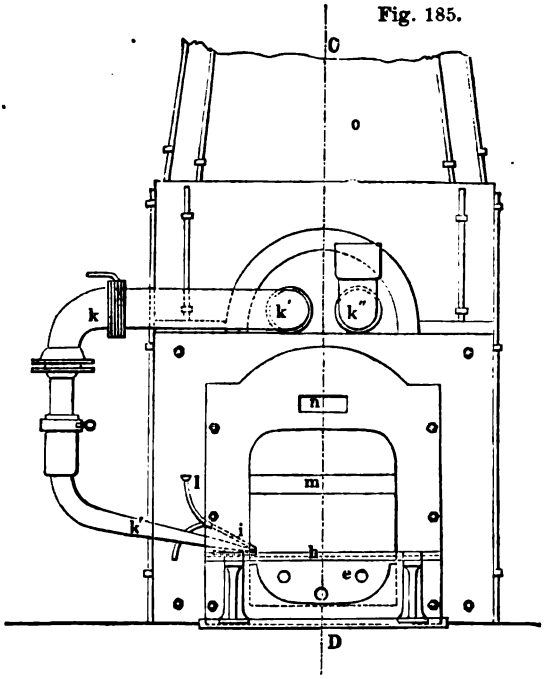
Auffallend ist es, dafs dieser Prozefs, der doch der in Südwales gebräuchliche war und von Arbeitern von da nach Schweden gebracht wurde, hier als Lancashire-Schmiede bezeichnet wurde. Percy weifs keine rechte Erklärung dafür. Es dürfte aber anzunehmen sein, dafs die südwalesschen Frischer ihn selbst so bezeichneten, was uns nicht auffallen kann, da wir wissen, dafs die Eisenindustrie von Südwales von Lancashire aus gegründet wurde.

Fig. 185 (a. f. S.) stellt den Bau eines schwedischen Lancashire-Frischherdes aus dem Anfang der 60er Jahre nach Zeichnung und

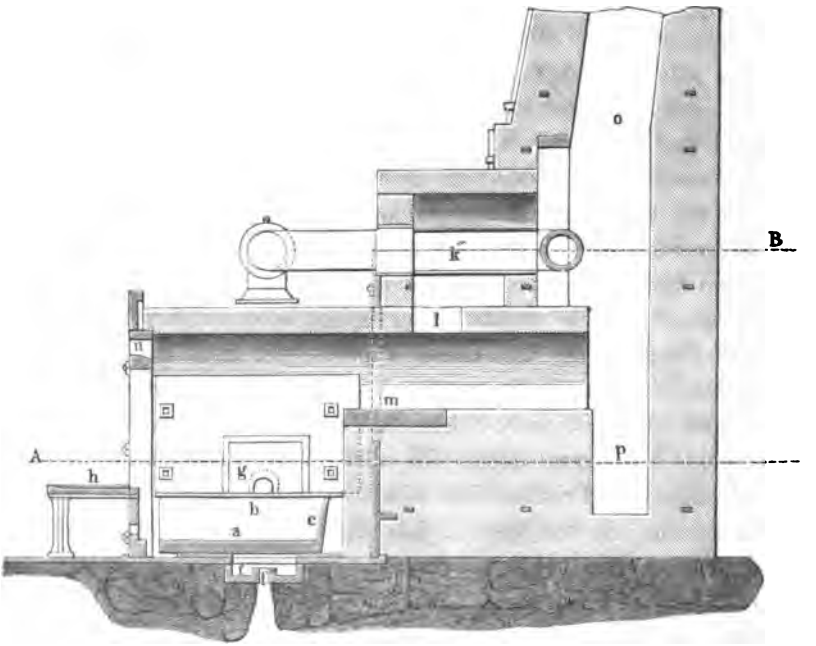
Digitized by Google

Beschreibung des schwedischen Eisenhüttenmannes Andras Grill in Percys Iron and Steel dar. Der Boden des Herdes, *abc*, wird durch eine Wasserkühlung *f* kalt gehalten. Der Herd ist überwölbt und mit einem Verglühherd, der mit einer eisernen Platte *m* belegt ist, verbunden. Aus dem Verglühherd tritt die Flamme durch den Fuchs *l* in einen Raum, in dem die Winderhitzungsröhren *k' k''* liegen, von da erst gelangt sie in die Esse *O*.

Fig. 185.



Das im Verglühherd erhitzte Roheisen im Gewicht von etwa 100 kg wird über der Form mit Holzkohlen bedeckt niedergeschmolzen, was



Digitized by Google

etwa $^1/_2$ Stunde dauert. Auf dem Boden beginnt nun schon die entkohlende Wirkung der Garschlacke, die durch fortwährendes Aufbrechen sehr unterstützt und beschleunigt wird. Hat sich dann alles Eisen zu einer stahlartigen Masse vereinigt, so wird dieselbe noch einmal als ein Klumpen aufgebrochen, über die Form gebracht und niedergeschmolzen. Dieses Garfrischen erfolgt bei starker Hitze und dauert nur $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde. Alsdann wird der Deul herausgehoben und gezängt.

Der Wind hatte eine Temperatur von 100° C. und eine Pressung von 6 cm Quecksilbersäule. Ein Frischfeuer lieferte wöchentlich 6,6 Tonnen Deuleisen. Das Ausbringen betrug 86,70 Proz. vom Roheisen, der Holzkohlenverbrauch 90 Proz.

In Frankreich hatte man ebenfalls, und zwar in Nivernais, schon zu Anfang des Jahrhunderts den Versuch gemacht, die Frischherde zu überwölben, doch scheiterte derselbe damals an dem Widerstande der Arbeiter. Anfang der 30er Jahre kehrten die Herren Riondel und Poirier zu dieser Einrichtung zurück und bauten zu Prémery in Nivernais einen geschlossenen Frischherd. Diese Einrichtung fand bald darauf Nachahmung in Franche-Comté und Champagne.

Zu Lauffen am Rheinfall hatte man 1834 diese überbauten Frischherde dahin verbessert, dafs man sie ganz freistehend aus eisernen Platten zusammensetzte und mit Warmwindapparat und Verglühherd verband. Diese Konstruktion wurde vielfach in Deutschland nachgeahmt und teils als Comtéfeuer, teils als schwäbische Frischfeuer bezeichnet.

Die Überwölbung der Frischfeuer wurde namentlich da eingeführt, wo man die entweichende Flamme der Frischfeuer zum Wärmen verwenden wollte. Ein Beispiel bietet das in Fig. 186 (a. f. S.) abgebildete Hartzerennfeuer von Niederwölz in Steiermark, wo man in dem überwölbten Herde das „Bodenrennen“ ununterbrochen betreiben konnte. Das Feuer war mit zwei Formen versehen [1]).

Eine eigenartige Verbesserung hatte man zu Rhonitz in Ungarn dadurch eingeführt, dafs man zwei gegenüberliegende Formen anbrachte, also einen doppelten Frischherd baute.

Über die chemischen Vorgänge bei dem Frischprozefs hat Ebelmans Untersuchung der beim Frischen entwickelten Gase [2]) neues Licht verbreitet.

---

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch II, 1842, S. 23.

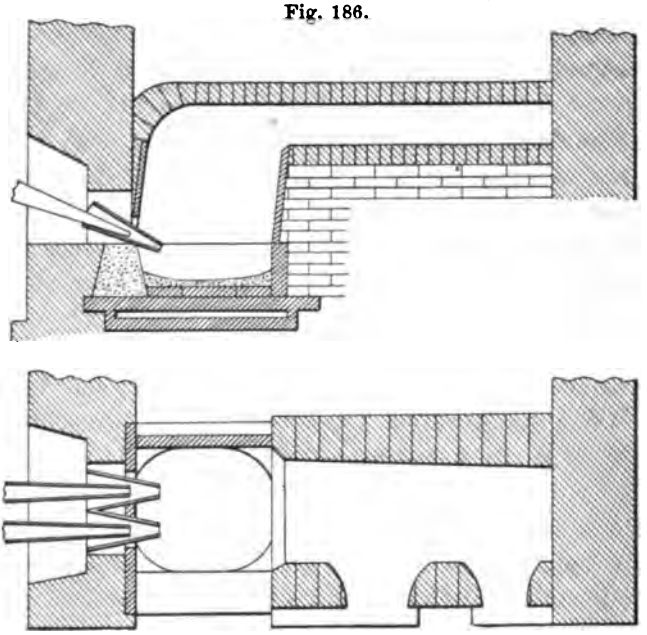
[2]) Siehe Comptes rendus vom April 1843; Annales des mines, 4. Serie. III, 117 und Berg- und hüttenm. Ztg. 1844, S. 9.

Digitized by Google

Die Benutzung der von den Frischfeuern entweichenden glühenden Gase war schon lange zuvor von Berthier angeraten worden [1]), aber ohne Erfolg. 1828 verband man auf der Eisenhütte zu Lauffen am Rhein zuerst ein Frischfeuer mit einem Flammofen, der als Reckfeuer diente und durch die abgehende Hitze des Frischfeuers geheizt wurde [2]). Um dieselbe Zeit verband man zu Audincourt in Frankreich Frischfeuer mit einem Blechglühofen.

Erst die Benutzung der Hochofengase veranlafste auch die allgemeinere Verwendung der Frischfeuerflamme. Die Gase wurden zur Winderhitzung und zum Vorwärmen des Eisens benutzt. Letztere

Fig. 186.



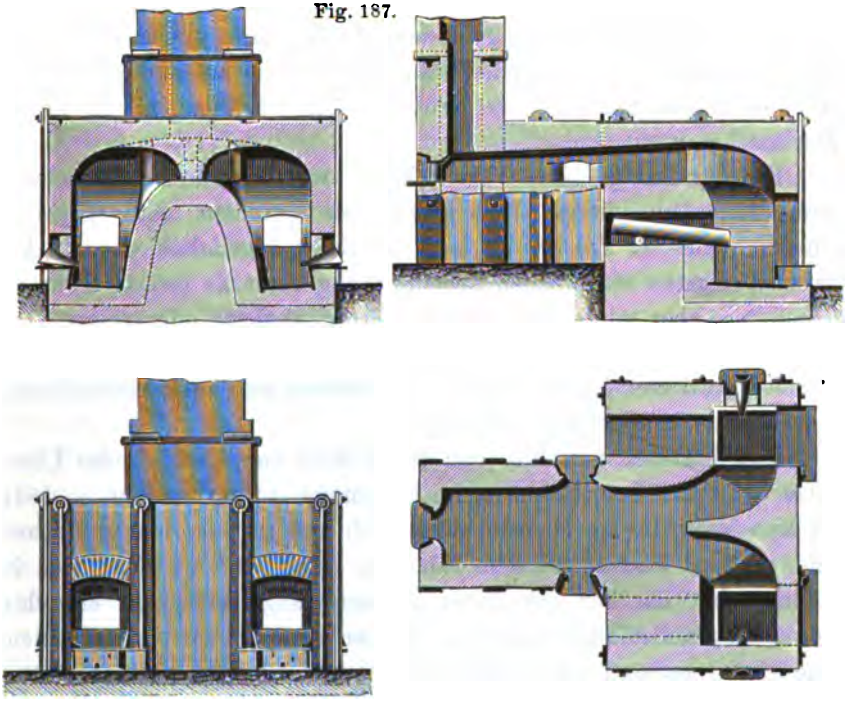
Art der Verwendung veranlafste Änderungen in der Konstruktion der Frischfeuer. Es mufste ein Raum hinter dem Frischherd hergestellt werden, durch den die Flamme strich, ehe sie in die Esse trat. Dieser Wärmeraum wurde auf vielen Frischhütten, in der Franche-Comté sogar, zum Ausheizen der Schirbel zum Zweck des Ausschweifsens und Ausstreckens benutzt. Nur das erste Ausschweifsen geschah im Frischherd. Dies war, wie leicht einzusehen, ein grofser Vorteil, man sparte dadurch unter Umständen die Wärmefeuer der Reckhämmer.

[1]) Siehe Journal des mines Nr. 210, p. 375.
[2]) Siehe Karsten, a. a. O., Tab. XL, Fig. 7 bis 11.

Digitized by Google

Das Gewölbe des überbauten Frischherdes gab zwar durch die Rückstrahlung der Wärme eine Brennmaterialersparnis von $^1/_5$ bis $^1/_7$, sie erwies sich auf die Dauer aber doch nicht als zweckmäfsig, hauptsächlich weil die Arbeiter zu sehr von der Hitze litten. Zu Audincourt waren Mitte der 30er Jahre zwei überbaute Frischfeuer mit einem Flammofen verbunden, wie es Fig. 187 zeigt. Der Flammofen war mit drei Thüren versehen. Das darin erhitzte Eisen wurde ausgewalzt. Da die beiden Frischfeuer mehr Hitze gaben, als erforderlich war, so hatte man noch einen zweiten Flammofen angelegt, den-

Fig. 187.



selben aber, da er für den Betrieb unbequem war, wieder abgeworfen. Die Anlage in Audincourt gab sehr befriedigende Resultate.

Mit den Frischfeuern in der Champagne wurden Vorwärmöfen zum Erhitzen des Roheisens verbunden, wie in Fig. 186. Diese Einrichtung hatte sich von Lauffen aus in der Schweiz und in Süddeutschland, namentlich in Württemberg, verbreitet. Le Blanc und Walter de St. Ange haben in ihrem Handbuch der Stabeisenbereitung einen verbesserten Ofen dieser Art beschrieben und abgebildet (Tab. 31, Fig. 1 bis 5), worauf wir hier verweisen. Die Ersparnis an Brennmaterial durch die Anwendung erhitzter Luft wurde zu min-

Digitized by Google

destens 25 Proz., durch die Anwendung von erhitzter Luft und Verglühherd auf fast 50 Proz. angegeben.

Um einen Verglühherd oder Flammofen zwischen Frischherd und Esse anbringen zu können, mufste man die Frischherde aufserhalb der Essen anbringen, wie dies zu Mariazell schon in den 20er Jahren üblich war.

Tunner erklärte (1846) die Anlage der Verglühherde bei jedem Frisch- und Ausheizfeuer von solcher Wichtigkeit, dafs dieselbe bei keinem gut eingerichteten Werk unterlassen werden dürfe. In Österreich hatten denn auch die Verglühherde auf allen besser eingerichteten Frischhütten Eingang gefunden. Zu den vorzüglichsten Anlagen und Benutzungen der Verglühherde gehörten die auf den Werken in Hammerau bei Salzburg, zu Neubruck bei Scheibbs, zu St. Egydi, Mariazell u. a. m.

Bei der Anlage eines Verglühherdes war besonders zu beachten, dafs die Arbeitsöffnung nicht gröfser als durchaus nötig gemacht wurde, damit der Zutritt der Luft möglichst abgehalten wurde. Am zweckmäfsigsten war es, der Arbeitsöffnung zwar die gröfste Höhe zu geben, sie aber mit einer verstellbaren Schubplatte oder einem Vorhangblech zu versehen, so dafs sie nur soweit offen war, als es die Arbeit erforderte. Ebenso wurde ein Schieber an der Eintrittsöffnung der Flamme in die Esse angebracht.

Man hatte an verschiedenen Orten auch versucht, mit der Überhitze der Frischfeuer Roheisen im Flammofen zu verpuddeln, so 1842 zu Montblainville im Maasdepartement[1]) und zu Javorina in Ungarn und 1845 zu Buchscheiden in Kärnten. Maresch zu Neuhütten in Böhmen hat darüber gründliche Versuche angestellt, und erreichte den Zweck vollständig dadurch, dafs er zwei Frischfeuer mit einem Puddelofen verband. Er erhielt für dieses Verfahren 1845 ein österreichisches Patent[2]).

Ähnliche Versuche zu Reichenau in Niederösterreich in den 40er Jahren hatten ebenfalls den besten Erfolg. Man betrieb dort lange Jahre hindurch einen Puddlingsofen mit der Überhitze von zwei Schwallfeuern. Die gleiche Einrichtung verbreitete sich von hier nach Furthof und Rottemann.

Man suchte den Betrieb der Frischfeuer ferner dadurch zu verwohlfeilen, dafs man billigeres Brennmaterial zu verwenden strebte. Wo Steinkohlen leicht zu haben waren, benutzte man diese

[1]) Annales des mines, 4. Ser., VI, 461.
[2]) Berg- und hüttenm. Ztg. 1846, S. 89.

Digitized by Google

zum Feinen, Vorwärmen und zum Ausheizen und verwendete die Holzkohle nur beim eigentlichen Frischen. Auf der Rybniker Hütte in Schlesien, wo man den Frischprozefs mit dem Walzprozefs verbunden hatte, war dies nur dadurch möglich, dafs eine grofse Zahl Frischfeuer nur abgerichtete Schirbel oder Kolben lieferten, welche in dem Walzwerk in Glühöfen mit Steinkohlen ausgeheizt und gewalzt wurden.

Bei der südwalesschen Frischschmiede war dieses Verfahren, wie früher erwähnt, schon längst eingeführt.

Man versuchte ferner, Torfkohle im Frischherd zu verwenden, ohne aber damit den gewünschten Erfolg zu erzielen. Allerdings sollen Versuche auf der Hütte zu Rothau im Elsafs angeblich günstig ausgefallen sein, doch wurden sie nicht verfolgt. Nachdem man in Frankreich gedarrtes Holz mit Erfolg im Hochofen verwendet hatte, lag es nahe, dasselbe Brennmaterial auch im Frischherde zu benutzen. Diese Versuche wurden in der Hütte zu Senuc in den Ardennen von Lorcet angeblich mit gutem Erfolge angestellt. Der Darrapparat wurde von der entweichenden Flamme des Frischfeuers geheizt. Bineau hat die Resultate zu Senuc mitgeteilt [1]).

Danach wäre das Frischen leichter und schneller gegangen als sonst. Gedarrtes Holz ersetzte Holzkohle zu gleichen Mengen dem Volumen nach. Der Eisenabgang war etwas geringer.

Man hat aber später nichts mehr von den französischen Erfolgen gehört, und die Versuche, welche man in Deutschland anstellte, fielen durchaus nicht günstig aus. Das gedarrte Holz gab keine genügende Hitze, um die Einschmelzung und die damit verbundene Schweifs- und Streckarbeit ausführen zu können.

Leclerc wollte die Windführung bei den Frischfeuern durch Einführung beweglicher und verstellbarer Formen verbessern. Nach seiner Vorschrift sollte der Frischmeister den Luftstrom nach dem Punkte richten, wo es ihm notwendig schiene und der Form dabei eine Neigung von 2 bis 3 Grad geben; beim Anfang des Frischens sollte die Neigung auf 5 Grad, beim Garaufbrechen bis auf 6 Grad erhöht werden.

Das Puddeln 1831 bis 1850.

Viel wichtiger waren die Fortschritte, welche bei dem Flammofenfrischen in dieser Periode gemacht wurden. Dieses Verfahren entsprach, da es eine viel gröfsere Produktion als das Herdfrischen

[1]) Annales des mines, 3. Ser., XIII, 304.

Digitized by Google

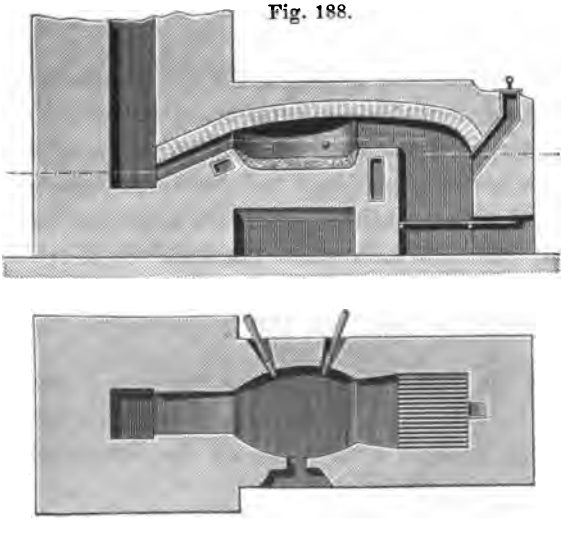
ergab, weit mehr den Anforderungen der Zeit. Das Flammofenfrischen mit Steinkohlen erlangte insbesondere immer gröfsere Verbreitung, neben demselben vervollkommnete sich aber auch das Puddeln mit Holz, Torf und Braunkohlen, und als ein ganz neues Verfahren kam das Gaspuddeln hinzu.

Dem Puddeln ging noch allgemein das Feinen oder Weifsen des grauen Roheisens voraus. Dasselbe war in England und den nach englischem Muster eingerichteten Hütten meist mit dem Hochofenbetriebe verbunden, weil die Feineisenfeuer viel Wind erforderten, welchen die grofsen Hüttengebläse leichter liefern konnten. Die Versuche, welche man zu Terrenoire bei St. Etienne, zu Königshütte und auf mehreren englischen Hütten anstellte, die Feineisenfeuer mit erhitzter Luft zu betreiben, hatten keinen besonderen Erfolg. Wenn auch der Prozefs etwas rascher verlief, so verbrannten auch die Wände des Herdes um so schneller. Bemerkenswert ist aber, dafs man sich mehr und mehr von dem Feineisenprozefs zu emancipieren suchte und ein zur direkten Verarbeitung im Puddelofen geeignetes Roheisen schon im Hochofen zu erblasen strebte.

Das Weifsmachen des Roheisens in Flammöfen mit flachen Herden unter Zuschlag garer Frischschlacke hatte namentlich in süddeutschen Hüttenwerken Eingang gefunden.

Auf einigen württembergischen Eisenhütten, wo man sich des Torfes als Brennmaterial bediente, hatte man mit grofsem Erfolge aufser den garenden Zuschlägen auch einen gröfseren Windstrom auf die Oberfläche des flüssigen Roheisens geleitet, ähnlich wie es bei den Treiböfen geschah. Man wendete dabei heifsen Wind an. Fig. 188 stellt einen solchen Weifsofen der Hütte zu Königsbronn bei Aalen im Königreich Württemberg dar.

Fig. 188.



Gerade bei dieser Art von Öfen hat man auch zuerst den Gasbetrieb mit Erfolg eingeführt.

Setzte man die garen Frischschlacken gleich-

Digitized by Google

zeitig mit dem Roheisen ein, so war ein Umrühren nicht nötig, weil die Zuschläge früher schmolzen als das Roheisen und dann von dem schwereren Roheisen in die Höhe gedrängt wurden, wobei sie vollständig mit dem Eisen in Berührung kamen. Setzte man aber die Frischschlacken nachträglich zu, so mufste das nach und nach geschehen und dann die Schmelzmasse mit hölzernen Rührstäben durchgerührt werden. Gewöhnlich betrug der Einsatz 15 bis 18 Ctr. graues Roheisen, wozu 3 bis 4 Ctr. Frischschlacken erforderlich waren. Den Fortgang des Prozesses beurteilte man nach den genommenen Schöpfproben. Der Eisenabgang betrug 5 bis 6 Proz., der Steinkohlenverbrauch etwa 1 Kbffs. auf 1 Ctr. Weifseisen. Bei Anwendung des Windstromes erhöhte sich der Abbrand, aber das Weifseisen wurde auch reiner, und diese Reinigung kam dem nachfolgenden Frischprozesse zu gut. Karsten bezeichnet die Weifsarbeit im Flammofen mit Anwendung von Gebläseluft als das vollkommenste und vorteilhafteste Verfahren.

Der Feinprozefs in Flammöfen erfuhr eine weitere Verbesserung durch den Gasbetrieb. Faber du Faur wendete zuerst die Hochofengase hierfür an, und Karsten machte darüber bereits 1841 in seiner Eisenhüttenkunde Mitteilung (§. 977). Faber bediente sich dabei eines ähnlichen Ofens wie des zu Königsbronn, indem er zur Beschleunigung des Verfahrens einen Windstrom auf das geschmolzene Roheisen leitete. Die Gase selbst verbrannte er mit erhitzter Gebläseluft. Die von Faber du Faur mitgeteilten Resultate ergaben, dafs 100 Tle. graues, mit Holzkohlen erblasenes Roheisen beim Weifsmachen im Gasflammofen durch Behandlung mit garenden Zuschlägen und Zuleitung eines heifsen Windstromes auf das eingeschmolzene Eisen einen Abgang von 2,3 bis 2,5 Proz. erlitten. In den Puddlingsöfen war dann der Abgang von Weifseisen bei der Umwandlung in Luppeneisen angeblich nicht gröfser als 0,8 Proz.

Wenn Hochofengase nicht benutzt werden konnten, so würden nach Faber die Vorteile der Anwendung des absichtlich erzeugten Kohlenoxydgases selbst dann noch sehr bedeutend sein, wenn auch zur Erzeugung desselben ebensoviel Brennmaterial erforderlich sein sollte, als bei dem unmittelbaren Verbrennen desselben auf dem Rost des Flammofens, der gröfseren Reinheit und Heizkraft dieses Gases wegen.

Einen ausführlichen Bericht über den Weifsofenbetrieb mit Gas, wie ihn Faber du Faur zu Wasseralfingen und zu Neu-Joachimsthal eingerichtet hatte, verdanken wir Delesse[1]). Fig. 189 (a. f. S.) zeigt

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, I, 433; Berg- und hüttenmänn. Zeitg., 19. Aug. 1843.

Digitized by Google

die Anordnung, das Abfangen der Gase, die Zuleitung zu dem Weifsofen, Fig. 190a, der bei den ursprünglichen Anlagen auf der Gicht stand. Fig. 190b stellt die bei dem Weifsofen von Neu-Joachimsthal angewendete Winderhitzung dar, wobei die Gasverbrennung mit heifsem Winde geschah. Die gepreſste heifse Luft strömte durch sieben Düsen aus. Die Verbrennung fand über der 0,80 m langen Feuerbrücke in dem 13 cm hohen Kanal statt. Durch zwei Düsen wurde die erhitzte Gebläseluft auf das flüssige Eisenbad geleitet (vergl. Fig. 191).

Fig. 190a.

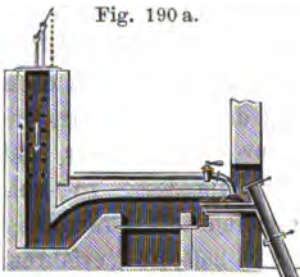


Fig. 189.

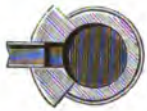


Fig. 190b.

Fig. 191.

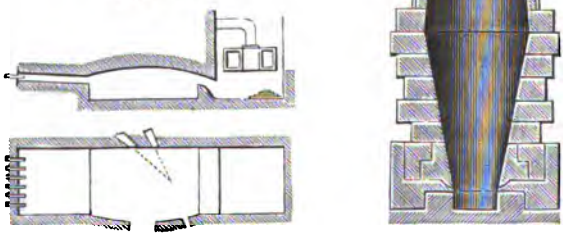


Fig. 191 soll den Weifsofen von Wasseralfingen darstellen. Der in der Esse stehende Heizkasten für die Erhitzung des Windes diente hier nur für den Ofen selbst. Er erwärmte den Wind auf 300 bis 400°. Der Raum unter dem Kasten diente als Vorwärmeraum, worin das Roheisen zuvor erhitzt wurde, ehe es in den Schmelzofen kam.

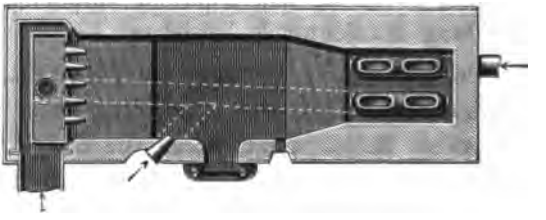
Der Weifsofen verbrauchte pro Minute 8 cbm Gas von 2 bis 4 cm Wasserdruck und 4,7 cbm heifsen Wind. Das war weniger, als die vollständige Verbrennung der Hochofengase erforderte und dies mufste so sein, weil sonst die Flamme oxydierend gewirkt hätte.

Über die Einzelheiten des Betriebes verweisen wir auf die Abhandlung von Delesse. Im Mittel gaben 103 Roheisen 100 Weifseisen. Der Verlust war also viel geringer als bei den englischen Feinfeuern, wo er 8 bis 10 Proz. betrug. Dabei war das Wasseralfinger Roheisen sehr unrein. Das Produkt war von vorzüglicher Güte. Ganz nach demselben Princip baute Pfort zu Veckerhagen

Digitized by Google

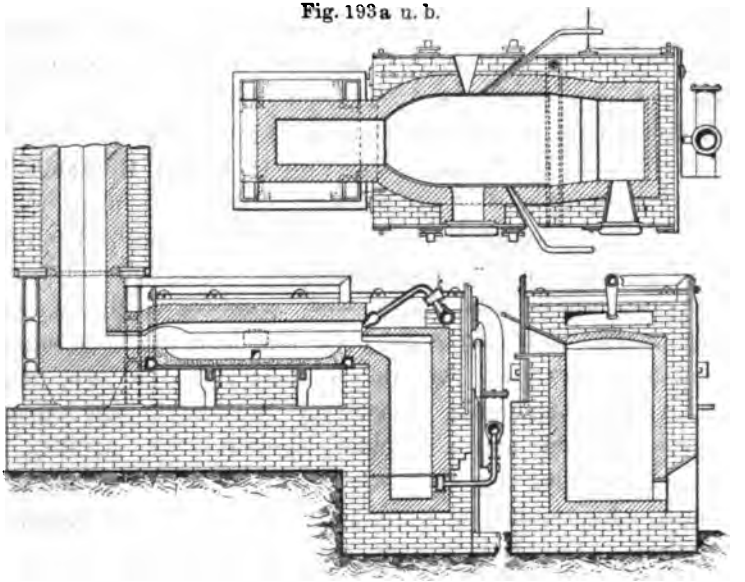
einen Flammofen zum Feinen des Roheisens mittels Hochofengasen, Fig. 192 [1]). Eck führte auf der Königshütte in Schlesien Gasraffinieröfen, Fig. 193 a u. b, für graues Roheisen ein, welche er mit Generatorgasen betrieb [2]).

Fig. 192.



Die chemische Veränderung, welche das Roheisen durch den Feinprozefs erfährt, erklärt Karsten dahin, dafs eine wesentliche Verminderung des Kohlenstoffes nicht eintrete, dafs derselbe nur in den gebundenen Zustand übergeführt werde. Eine Verminderung des Schwefelgehaltes finde ebenfalls nicht statt, sondern dieser erhöhe sich sogar bei dem eng-

Fig. 193a u. b.



lischen Feinprozefs durch die Berührung des flüssigen Eisens mit den Koks. Dagegen finde eine Verminderung des Silicium- und Phosphorgehaltes statt, das Mangan werde fast ganz im Feineisenfeuer abgeschieden.

Thomas hat hierüber 1833 einen beachtenswerten Aufsatz ver-

[1]) Annales des mines, 4. Ser., III, 55.

[2]) Der sehr beachtenswerte Bericht hierüber findet sich in Karstens Archiv f. Min., Bd. XVII u. XX und Berg- u. hüttenm. Ztg. 1846, S. 833 u. s. w.

Digitized by Google

öffentlicht [1]). Auf Grund seiner zu Anfang der 30er Jahre in Decazeville angestellten Untersuchungen über den englischen Feinprozefs schlug er einen Zuschlag von Eisenoxyd oder Braunstein mit Kalk vor. Dadurch wollte er den Abbrand vermindern und eine bessere Abscheidung des Schwefels bewirken.

Bei den Verbesserungen des Puddelofenbetriebes in diesem Zeitabschnitte spielte die Anwendung neuer und billigerer Brennstoffe die gröfste Rolle. Zwar waren die Steinkohlen entschieden das geeignetste Brennmaterial für den Betrieb der Puddel- und Schweifsöfen; wo diese aber fehlten, versuchte man es mit anderen Brennmaterialien, mit Holz, Torf, Braunkohlen oder Gas.

Die Puddelöfen mit Holzfeuerung unterschieden sich von denen mit Steinkohlenfeuerung nur durch das gröfsere Verhältnis des Rostes zur Herdfläche und ein flacheres Gewölbe.

Das Puddeln mit Holz fand besonders in den holzreichen Ländern Österreichs, namentlich in den österreichischen Alpenländern, Eingang und zwar zuerst 1829 zu Frantschach in Kärnten. Später machte sich Fürst Lobkowitz um die Einführung des Verfahrens verdient. Er liefs als Präsident der Kaiserl. Königl. Hofkammer für Münz- und Bergwesen 1838 die Kaiserl. Hütte zu Neuberg als eine Muster- und Versuchsanstalt bauen. Dieses Werk wurde dadurch die praktische Schule für die Eisenindustriellen Österreichs. Die grofse Stabeisenhütte wurde zwar ganz nach englischem Muster gebaut und eingerichtet, aber von Anfang an war man auf eine möglichst ausgedehnte Verwendung des Holzes bedacht. Die vom Hüttendirektor Hampe errichteten gemauerten Holztrockenöfen haben wir schon oben erwähnt und abgebildet (S. 469). Sie erfüllten vollständig ihren Zweck, das Holz von seinem hygroskopischen Wasser zu befreien, ohne es bis zur Zersetzung seiner flüssigen Bestandteile zu erhitzen [2]). Das Holz erhielt eine etwas rötliche Farbe, und schwand ca. 10 Proz.

Die Puddelöfen für Holzfeuerung waren ganz wie die Steinkohlenöfen, nur waren die Herde kürzer und schmäler. Die drei zuerst erbauten Öfen hatten nur eine Herdsohle, der vierte aber eine doppelte, wie Fig. 194 a u. b zeigt. Während ein einfacher Ofen sechs Mann zur Bedienung erforderte, bedurfte der Doppelofen zehn Mann. Man hielt

---

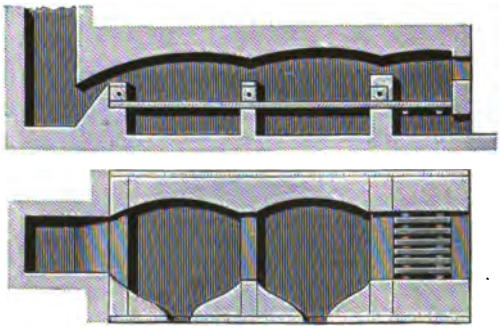
[1]) Siehe Annales des mines, 3. Serie, III, 433.

[2]) Siehe Delesse in Annales des mines, 4. Ser., II und Berg- und hüttenm. Ztg. 1843, S. 441.

Digitized by Google

beim Betriebe den Rost 0,35 m hoch mit Holz bedeckt, und man mufste fast ununterbrochen Holz nachwerfen. Der Einsatz betrug 200 kg Roheisen, welches in einem Heizraum am Fufse der Esse etwas vorgewärmt wurde. Die Arbeit verlief sonst wie beim Steinkohlenbetrieb. Bei luckigem Flofs machte man in der 12stündigen Schicht sechs bis acht, bei spiegeligem Flofs fünf bis sechs Operationen. Bei den Doppelöfen wurde dasselbe Quantum in jeden Herd eingesetzt. Die Produktionskosten für 100 kg betrugen bei dem einfachen Ofen Mk. 15,85, bei dem Doppelofen Mk. 15,60. Auf der Hütte zu Unterlind im bayerischen Fichtelgebirge, wo man auch mit Holz puddelte, war das Ergebnis weit weniger günstig, was zumeist an der minder sorgfältigen Vorbereitung des Holzes lag. Aufser zu Unterlind, wo das Holzpuddeln 1830 eingeführt worden war, wurde dieser Betrieb im bayerischen Fichtelgebirge 1832 zu Bodenwöhr und Königshütte und 1835 zu Fichtelberg und Weiherhammer eingeführt.

Fig. 194 a u. b.



In Frankreich stellte man auf den Hütten zu Chatillon sur Seine und zu Crans mit diesem Betriebe Versuche an. Zu Chatillon brauchte man für 1000 kg Eisen 7,5 cbm lufttrockenes Holz und hatte 15 Proz. Abgang.

Der Schweifsofenbetrieb geschah auf allen diesen Werken ebenfalls mit Holz.

Das Puddeln mit Torf gelang zuerst mit durchschlagendem Erfolg zu Ichoux in dem Landes-Departement. Hiervon war zumeist die vortreffliche Qualität des Torfes die Ursache; derselbe enthielt 27,60 Proz. Kohlenstoff und nur 3,8 Proz. Asche. Schon in den Jahren 1824 bis 1829 war mit Erfolg dort gepuddelt worden, und hatte Herr Alex von Lauchhammer darüber einen kurzen Bericht geliefert. Einen ausführlichen Bericht verdanken wir Binneau[1]). Man setzte 175 kg Roheisen von Pisos und Brocas auf eine Charge ein, die in $2^1/_2$ Stunden beendet war. In Bezug auf die Ofenkonstruktion ist nur zu bemerken, dafs der Feuerraum selbstverständlich sehr hoch war.

[1]) Annales des mines, 3. Serie, VII, 113.

Digitized by Google

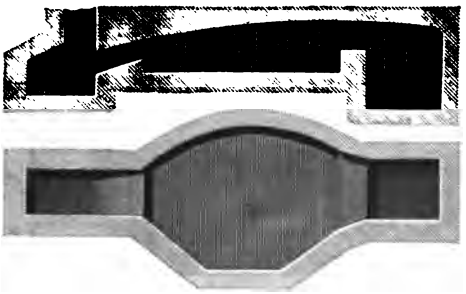
In Deutschland erzielte man besonders auf der königl. württembergischen Hütte zu Königsbronn günstige Resultate mit Torfbetrieb [1]). Man verwendete dort unter der Direktion von Weberling den Torf zum Umschmelzen des Roheisens im Gieſsereibetrieb, zum Weifsmachen desselben, zum Puddeln u. s. w. Der Torf wurde ähnlich wie das Holz in gemauerten Trockenapparaten scharf getrocknet.

Der lufttrockene Torf mittlerer Güte hatte nach Berthiers Analyse folgende Zusammensetzung:

Kohle	0,244
Asche	0,050
Flüssige Stoffe	0,706
	1,000

Das Profil des Puddelofens, der dem von Ichoux ähnlich war, ist Fig. 195 dargestellt. Man verpuddelte darin 200 kg Weifseisen in 2 Stunden. Aus 111 kg Roheisen erhielt man 100 kg Luppeneisen mit einem Aufwand von 518 Stück oder 151 kg dichtem, getrocknetem Torf.

Fig. 195.



Das Torfpuddeln wurde 1841 zu Rottemann in Steiermark und 1844 zu Wasseralfingen eingeführt.

Mit Braunkohle erzielte man nur in den österreichischen Alpenländern und zwar zuerst auf der Eisenhütte zu Prevali in Unterkärnten gute Erfolge beim Puddelbetrieb. Allerdings kommen die dortigen Braunkohlen, wie auch die in Steiermark, an Güte fast den Steinkohlen gleich. Trotzdem fing man erst 1823 an, die Kohlen bei Prevali zu technischen Zwecken zu verwenden [2]). Die Gebrüder von Rosthorn waren es, die zuerst ihren Wert erkannten und die Schöpfer einer neuen, grofsartigen Montanindustrie wurden. 1834 gründeten sie eine Aktiengesellschaft zur Erbauung eines grofsen Puddelwerkes mit neun Puddel- und acht Schweifsöfen und zwei Walzenstrafsen. 1837 kam das ganze Werk wieder in den alleinigen Besitz der Gebrüder von Rosthorn, die es vergröfserten und namentlich die Fabrikation von Eisenbahnschienen aufnahmen. Nach mancherlei Versuchen und

[1]) Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1843, Nr. 35, S. 736.
[2]) Siehe Tunners Jahrbuch 1842, I, 211.

Digitized by Google

Erfahrungen führte man Ende der 30er Jahre Doppelöfen ein, bei welchen mit doppeltem Einsatz (360 kg) und zwei Arbeitsthüren gearbeitet wurde. Man verarbeitete das Löllinger mit heifser Luft erblasene Roheisen mit einem Abbrand von 5 bis 6 Proz. und einem Braunkohlenaufwand von 180 bis 200 Pfd. auf 100 Pfd. Luppeneisen.

Ebenso wurde in den mit Braunkohlen gefeuerten Schweifsöfen vollkommene Schweifshitze erreicht, und das erzeugte Stab- und Feineisen war von grofser Güte.

Die Erfolge zu Prevali gaben die Veranlassung zur Gründung neuer Eisenwerke mit Braunkohlenbetrieb, worüber wir in der Geschichte Österreichs weitere Mitteilungen machen werden.

Aufser in Österreich hatte man sich in Bayern um die Einführung des Puddelns mit Braunkohlen bemüht und zwar bereits 1832 zu Bodenwöhr und bald darauf zu Maximilianshütte bei Regensburg.

Wie bei den Weifsöfen, so wendete man auch bei den Puddelöfen zuweilen künstliche Windzuführung (Öberwind) an. In Frankreich geschah dies zuerst zu Hayange 1840.

Faber du Faur gelang es zuerst, auch Puddel- und Schweifsöfen mit Hochofengasen zu betreiben. Diese Erfindung erregte das gröfste Aufsehen, und man versprach sich davon den gröfsten Erfolg, ja eine Umgestaltung der ganzen Stabeisenfabrikation, welche in der Folge in unmittelbarer Verbindung mit den Hochöfen zu betreiben gewesen wäre.

Nur durch lange fortgesetzte Versuche konnte Faber zu der glänzenden Lösung dieser für die damalige Zeit schwierigen Aufgabe kommen. Sie gelang durch die glückliche Kombination der Winderhitzung und einer sehr zweckmäfsigen Verbrennung. Die Art der Luftzuführung war das neue und geistreiche dieser Erfindung. Wir haben sie bereits bei den Weifsöfen kennen gelernt.

Die Puddelöfen wichen nur wenig von diesen ab. Der zu Mariazell nach Faber du Faurs Entwurf erbaute stimmte mit dem in Fig. 191 dargestellten Weifsofen fast überein, er stand neben der Gicht. Er hatte dieselben Dimensionen, wie die Holzpuddelöfen zu Neuberg. Die Verbrennungseinrichtung war weniger gut wie zu Wasseralfingen. Die Gase strömten aus einem cylindrischen Rohr, welches von dem weiteren Windrohr centrisch umgeben war. Der Wasseralfinger Puddelofen (Fig. 196 c) hatte dagegen die oben beschriebene Einrichtung mit den sieben Winddüsen. Nach demselben Princip, aber in der Konstruktion der Gasverbrennung abweichend

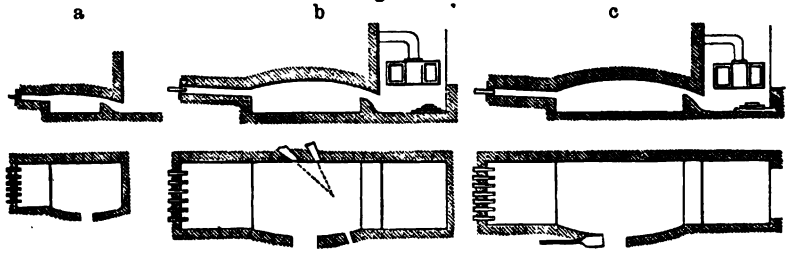
Digitized by Google

waren die Gaspuddelöfen, die Thomas und Laurens zu Treveray[1]) erbauten.

Der Betrieb der Gaspuddelöfen bot nichts besonderes. Man wärmte die Roheisenstücke $^1/_2$ bis 1 Stunde in dem unteren Raum der Esse vor, setzte dann 150 kg auf einmal mit 13 bis 18 kg Hammerschlag und gepochten Weifseisenschlacken, zuweilen auch $^1/_2$ bis $^1/_3$ Proz. Braunstein in den Ofen. Diese Quantität wurde bei der Verarbeitung von grauem Roheisen in 2 bis $2^1/_2$ Stunden, bei Weifseisen in $1^3/_4$ bis 2 Stunden bis zur Gare durchgearbeitet. Im ersteren Falle hatte das Gewölbe 43 cm, im zweiten nur 34 cm Höhe. Im Mittel gaben 104 Roheisen 100 Schmiedeeisen.

In Wasseralfingen wurden die Luppen in einem ganz nach demselben Princip konstruierten Schweifsofen (Fig. 196a) angeheizt, dabei ebenfalls erst in der Esse vorgewärmt, dann auf die Herdsohle selbst gebracht und, wenn sie gehörig erweicht waren, mit Zangen herausgenommen und unter einem gewöhnlichen 120 kg schweren Hammer ausgeschmiedet. Wegen des kleinen Hammers betrug hierbei der Verlust 13 Proz. Im allgemeinen gaben 121 Puddeleisen 100 fertiges Stabeisen.

Fig. 196.



Faber du Faurs Erfindung verbreitete sich rasch in Deutschland, Frankreich und der Schweiz. Auf der Ludwigshütte in Hessen-Darmstadt betrieb man mit den Gasen von zwei Holzkohlenhochöfen drei Puddel- und Glühöfen. Auf der Hütte zu Albbruck betrieb man mit den Gasen eines Hochofens einen Puddel- und einen Glühofen; ebenso zu Belle-fontaine in der Schweiz, zu Treveray, Nouée, Crans bei Annecy, Pont l'Evèque bei Vienne u. s. w.[2]).

In England nahm Moses Poole am 26. Juni 1841 ein Patent auf dieses Verfahren „nach eines Ausländers Mitteilung“[3]).

---

[1]) Siehe Flachat, Barrault et Petiet, a. a. O., Pl. 37, Fig. 1 bis 5.
[2]) Siehe Delesse in Berg- und hüttenm. Ztg. 1846, S. 513.
[3]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. vom 11. März 1843, mit Abbildungen.

Digitized by Google

Die Anwendung der Hochofengase führte zur Erzeugung und Verwendung der Generatorgase. Die Hochofengase hatten mancherlei Nachteile. Traten Störungen im Hochofenbetriebe ein, so hatte man entweder kein Gas oder zu wenig. Schon die regelmäfsigen Arbeiten im Gestell und das Abstechen brachten Unterbrechungen im Betrieb der Gasöfen hervor, die namentlich für den Puddelbetrieb sehr nachteilig sein konnten. Mufste der Hochofen aufser Betrieb gesetzt und neu zugestellt werden, so lagen auch die Gaspuddelöfen kalt. Dieser Umstand hatte schon Faber du Faur veranlafst, besondere Gaserzeugungsöfen als Reserven zu errichten.

Auf der neu erbauten Mariahütte bei Zwickau setzte man 1843, als der Hochofen ausgeblasen werden mufste, das Gaspuddeln mit Generatorgasen fort. Dieses Verfahren bewährte sich so sehr, dafs man bald dazu überging, Gaspuddelöfen unabhängig von den Hochöfen zu bauen, welche ihr Gas nur aus besonderen Gaserzeugungsöfen erhielten. Die Generatorgase, welche eine gröfsere Heizkraft entwickelten, erwiesen sich als viel wirkungsvoller zum Puddeln und Schweifsen, als die Hochofengase, und deshalb dauerte es gar nicht lange, dafs sie die Verwendung letzterer zu diesem Zwecke ganz verdrängten. So geschah es selbst zu Wasseralfingen. Dort war nach dem Wiederaufbau des Wilhelmsofens und nach Herstellung eines Luppenwalzwerkes am 19. März 1843 wieder angefangen worden, mit Hochofengasen zu puddeln. Den 23. März 1844 wurden die ersten Versuche mit einem Generator für Holzkohlenklein (später für Torf) unternommen, dessen Gase den Hochofengasen zugeführt wurden, wenn sich letztere infolge von Betriebsstörungen beim Hochofen für den Gasbetrieb als unzureichend erwiesen, nochmals aber auch allein verwendet wurden.

Das Ergebnis an Puddelluppen betrug

im Etatsjahr 1842/43 1363 Ctr. ausschliefslich mit Hochofengasen,

„ „ 1843/44 { 5008 „ mit Hochofengasen,
{ 266 „ mit Generatorgasen erzeugt,

„ „ 1844/45 wurden keine Hochofengase mehr verwendet,

dagegen wurden vom 1. Juli 1844 bis 1. Januar 1845

noch 1339 Ctr. mit Generatorgasen aus Kleinkohlen

und 333 „ „ „ „ Torf

an Puddelluppen erzeugt.

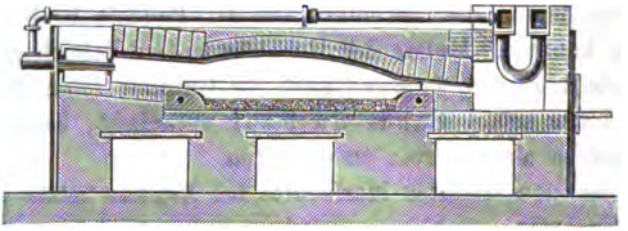
Fig. 197 (a. f. S.) zeigt den mit Hochofengasen betriebenen Puddelofen der Ludwigshütte in Hessen-Darmstadt [1]).

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, V, Tab. IX, Fig. 4, S. 457.

Digitized by Google

Zur Aufnahme des Gasofenbetriebes trugen die gründlichen Versuche des Hütteninspektors Eck zu Königshütte 1843 wesentlich bei[1]). Sie bezogen sich allerdings nur auf das Raffinieren oder Weifsen des Eisens im Flammofen, nicht aber auf das Puddeln. Er

Fig. 197.



empfahl seine Öfen, die in Weddings Eisenhüttenkunde III, Fig. 5 bis 7 abgebildet sind, auch als Schweifsöfen.

Das gröfste Verdienst um die Einführung des Puddel- und Schweifsbetriebes mit Generatorgasen hat sich aber C. v. Scheuchen-

Fig. 198.

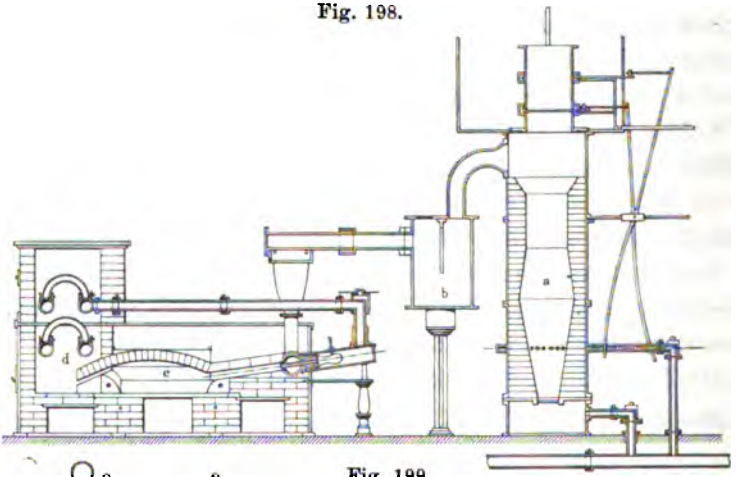
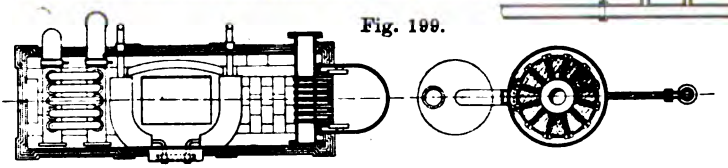


Fig. 199.



stuel in Österreich erworben, der diesen Betrieb 1842 zu St. Stephan in Steiermark einführte[2]). Fig. 198 stellt den vollständigen Apparat,

[1]) Siehe Karstens Archiv 1843, XVII, S. 795 und XX, 475.

[2]) Siehe A. Kraus, Jahrbuch f. 1848, S. 1.

Digitized by Google

bestehend aus dem Gasgenerator *a*, dem Gasreiniger *b*, dem Puddelofen *c* und dem Winderhitzungsapparat *d*, dar. Fig. 199 giebt den Horizontalschnitt des Puddelofens, woraus die Windzuführung und Winderhitzung deutlicher zu ersehen ist.

Die Versuche mit diesem Apparate, der noch ganz nach Faber du Faurs Grundsätzen gebaut war, gelangen vollständig. Es wurde dadurch der Beweis erbracht, dafs man mit dem aus roher Braunkohlenlösche vom Frohnsdorfer Flötz gewonnenen Gas genügende Hitze für den Puddelbetrieb erzeugen konnte. Später änderte man die Gaserzeugung in der Weise ab, dafs man drei kleinere Generatoren zusammen arbeiten liefs. — Die Versuche, einen Puddelofen in einen Gasschweifsofen umzugestalten und als solchen zu verwenden, fielen gelegentlich eines Besuches des Grafen von Thurn mit einer Anzahl Eisengewerken und Beamten am 7. April 1843 so vorzüglich aus, dafs mehrere der Gewerken sofort beschlossen, solche Gasschweifsöfen einzurichten.

In Preufsen beschäftigte sich der Hüttenmeister Bischof zu Mägdesprung am Harz mit grofsem Erfolge mit dem Gasofenbetrieb. Er legte 1843 auf dem Gräfl. Einsiedelschen Werke Lauchhammer und auf der Königl. Eisenspalterei zu Neustadt-Eberswalde unweit Berlin Gaspuddelöfen, welche mit Torfgas geheizt wurden, an. Das Gas brauchte im Verhältnis zum Hochofengas mehr Luft zu seiner Verbrennung, weil es weit mehr (bis 15 Proz.) Kohlenwasserstoffgas enthielt.

Bischof giebt an, dafs die weifsglühende Kohlensäure die unschätzbare Eigenschaft habe, unter Bildung von Kohlenoxydgas die Beimengungen des Roheisens zu oxydieren. Es geschehe dies nicht so energisch als durch den freien Sauerstoff, aber unter Vermeidung des Verlustes. Natürlich dürften die Verbrennungsgase keinen freien Sauerstoff enthalten. Ein Überschufs von Gas sei aber auch nachteilig, weil er die Gare verzögere und sogar reduzierend auf die garenden Zuschläge wirke.

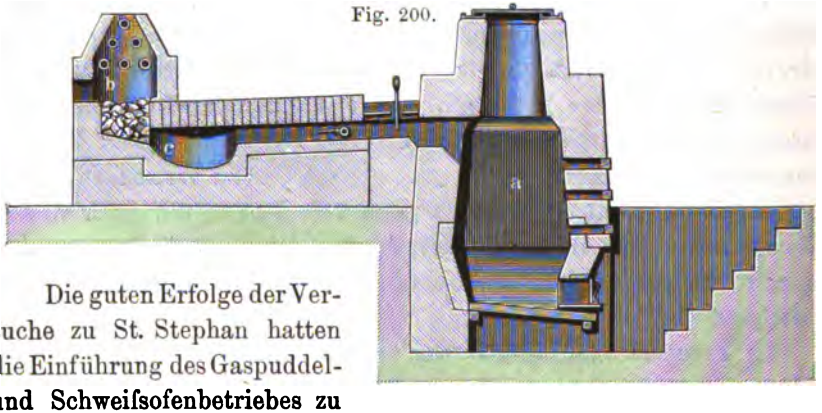
Bischof giebt an, dafs man mit seiner Gaspuddelmethode selbst aus fehlerhaftem Eisen bestes Produkt bei günstigstem Ausbringen erhalte. Fig. 200 (a. f. S.) zeigt die von Bischof angewendete Konstruktion, wobei *a* der Gasgenerator, *c* der Puddelofen und *b* der Winderhitzungsapparat ist.

Das Einsetzen von $3^1/_2$ Ctr. von Sand befreitem, im Wärmofen vorgewärmtem Roheisen auf einem Garschlackenherd auf eisernem Boden dauerte $^1/_4$ Stunde. Das Einschmelzen nahm $^1/_2$ Stunde in

Digitized by Google

Anspruch; die Rohschlackenabsonderung unter fleifsigem Umrühren mit Rührhaken $^1/_2$ Stunde und das Garen, wobei nur die Brechstange angewendet wurde, ebenfalls $^1/_2$ Stunde; hierauf folgte das Luppenmachen $^1/_2$ Stunde, so dafs der ganze Prozefs mit dem Zängen $2^1/_4$ Stunden in Anspruch nahm. Der Torfverbrauch betrug zu Lauchhammer bei richtigem Betriebe 150 Stück in der Stunde.

Fig. 200.



Die guten Erfolge der Versuche zu St. Stephan hatten die Einführung des Gaspuddel- und Schweifsofenbetriebes zu Mautern in Steiermark und zu Lipitzbach in Kärnten zur Folge. Die Hütte zu Mautern gehörte dem Ritter von Friedau. Hier kam der erste Gasschweifsofen 1843 durch Cajetan Fohn in ständigen Betrieb. Zwei Gasgeneratoren von länglich-viereckigem Querschnitt im gemeinschaftlichen Mauerwerk lieferten die Gase. Der Winderhitzungsapparat entsprach mehr dem Heizkasten zu Wasseralfingen; sonst war die Anordnung ziemlich ähnlich wie zu St. Stephan. Der Ofen diente zum Ausheizen der Blechflammen (Platinen), welche unter dem Hammer ausgereckt wurden. Auf 100 fertige Flammen wurden 120 bis 121 Puddlingsmasseln und 130 bis 150 Kohlenklein verbraucht.

Den Gaspuddelofen zu Mautern [1]), Fig. 201, 202, 203, hatte man später wieder eingehen lassen, angeblich deshalb, weil es an Kohlenklein mangelte und man dasselbe vorteilhafter am Schweifsofen verwendete, doch hatte sich auch der Flugstaub des Kohlenkleins für den Betrieb des Puddelofens als nachteilig gezeigt. Die Konstruktion des Ofens ist beachtenswert, weil hier der Gasgenerator mit dem Puddelofen in einem gemeinschaftlichen Mauerwerk stand und die Winderhitzung mit der Luftkühlung des eisernen Herdes verbunden war.

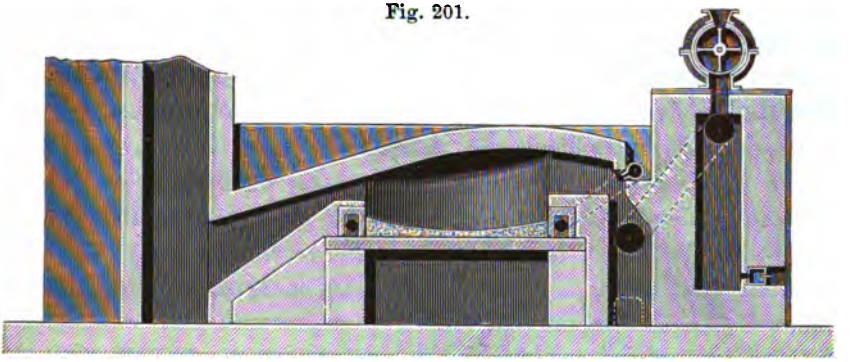
1845 wurden zu Lippitzbach durch den Verweser W. Baildon ein Gaspuddelofen und ein Gasschweifsofen erbaut und in Betrieb gesetzt.

[1]) Siehe Tunner, Jahrbuch 1843 bis 1846, Tab. II.

Digitized by Google

Der Puddelofen war ein Doppelofen und der Gasgenerator von dem Herde nur durch eine 2 Fuſs breite Feuerbrücke getrennt, unter demselben befand sich ein Rost. Der Aschenfall wurde mit einer

Fig. 201.



Thür geschlossen, welche mit Öffnungen zur Regulierung des Zuges versehen war. Der Wind zur Verbrennung der Gase wurde mittels eines Wassertrommelgebläses erzeugt und ähnlich wie zu Mautern um die Wände des Puddelofens geführt. Der Wind wurde nur auf etwa 150° R. erhitzt und strömte am Ende der Feuerbrücke durch einen Schlitz in den Verbrennungs-

Fig. 202.

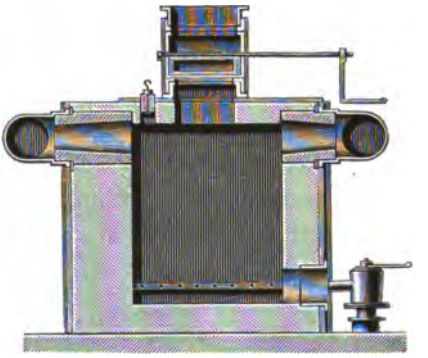
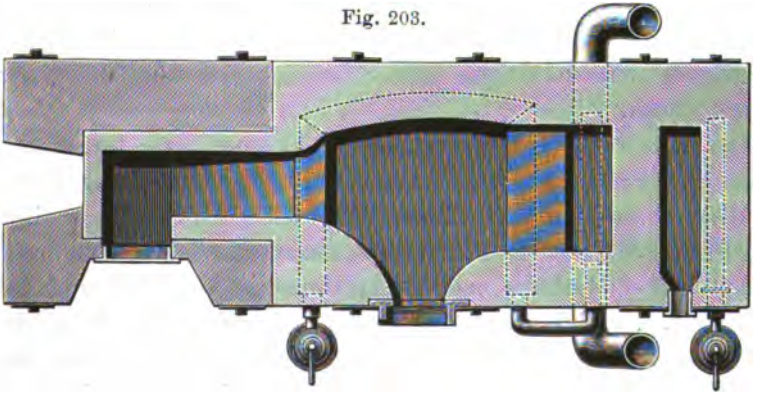


Fig. 203.



raum. Hinter dem Fuchs war ein Herd zum Vorwärmen der Flossen angebracht. Das Brennmaterial für den Gasgenerator war gedörrtes Scheitholz. Der Holzverbrauch betrug 3,73 Kbfſs. auf den Centner

Digitized by Google

Puddel-Wallas (Kolben von 1½ Zoll im Quadrat); der Abgang 4 Proz., die Jahresproduktion 18000 bis 20000 Ctr.

Der Gasschweifsofen, der ganz ähnlich konstruiert war, verarbeitete jährlich 10000 Ctr. Puddel-Wallas und verbrauchte 7,68 Kbffs. Holz auf den Centner fertiges Walzeisen. Im Vergleich mit dem gewöhnlichen Flammenfrischen und Schweifsen betrug der Holzverbrauch beim Gasfrischen 11,41 gegen 21 Kbffs. Noch viel gröfser war die Ersparnis im Vergleich mit dem früheren Frischverfahren. Der Gasbetrieb ergab eine Holzersparnis von 50 bis 60 Proz., einen etwas geringeren Eisenabgang und eine um 25 Proz. höhere Produktion. Der Grund hierfür lag in der vollkommeneren Verbrennung des Heizmaterials und daran, dafs man die Flamme mehr nach dem Herd zu lenken und besser regulieren konnte.

Seit 1843 etwa beschäftigte sich auch der Hüttendirektor Thoma auf den Hüttenwerken zu Liwenskoi Sawod im Ural, die der Fürstin von Butera-Radali gehörten, mit dem Gasofenbetrieb, und gelang es ihm bis Ende der 40er Jahre, die Fabrikation auf 50000 Ctr. Eisen zu bringen, wobei er den früheren Bedarf an Holz von 46000 Klftr. auf 18000 Klftr. herabgemindert hatte [1]). Er wendete Generatoren mit Rosten und mit Düsen und künstlichem Wind und Holz, für die Vergasung Torf, Braunkohle und Steinkohle an. Im übrigen müssen wir auf die ausführliche Abhandlung verweisen.

Torfgase benutzte man auch im Württembergischen mit Erfolg, ebenso Holzkohlenklein zu Wasseralfingen und Tiergarten. Ferner versuchte man in Bodenwöhr und Hammerau den Gasbetrieb mit Kohlenlösche. Zu Bergen bediente man sich eines solchen Ofens zum Ausglühen des Materialeisens. Ebenso wurden zu Audincourt und Bourguignon mit derartigem Gas Schweifs- und Blechglühöfen mit Nutzen geheizt.

In Frankreich erwarb sich aufser Thomas und Laurens besonders B. Frèrejean auf der Hütte zu Crans bei Annecy in Savoyen Verdienste um den Gaspuddelbetrieb. 1842 hatte er bereits einen Puddelofen mit Hochofengasen geheizt, daneben betrieb er einen anderen Gas-Puddelofen mit einem Gemenge von Torf und Steinkohlenklein, in welches er 0,20 bis 0,25 m über dem Rost Wind durch zwei Wasserformen einblies. Zur Vermeidung von Gasverlust durch den Aschenkasten liefs man die Roststäbe durch Asche und Cinders sich ganz verstopfen. Man hatte also den Feuerungsraum in einen Gas-

[1]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1851, Nr. 1 bis 7.

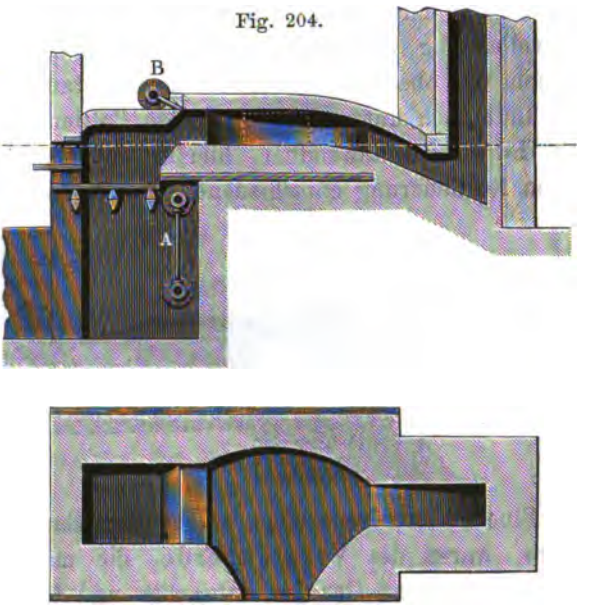
Digitized by Google

generator umgewandelt. Dieser Ofen arbeitete vorteilhaft und blieb drei Jahre in Betrieb. Sein Hauptnachteil war, dafs der Puddler das Feuer nicht so nach Belieben regulieren konnte, wie er es bei der Rostfeuerung gewöhnt war. Man änderte deshalb später den Betrieb dahin ab, dafs man die Puddelöfen mit Hochofengasen, den Schweifsofen mit Torfgasen aus einem besonderen Generator heizte.

Im Aostathal in Piemont wendete man 1848 Anthracit, der bis 25 Proz. Asche enthielt, zur Gaserzeugung in einem Generator an und benutzte die Gase sowohl zum Puddeln als zum Schweifsen.

Es war natürlich, dafs man danach strebte, bei dem Gasbetrieb möglichst geringwertiges Brennmaterial zu verwenden und zu verwerten. Bis zu einem gewissen Grade erreichte man auch diesen Zweck. Es war aber ein Irrtum zu glauben, dafs man aus schlechtem Material ebenso gute Gase erzeugen könne, wie aus gutem.

Fig. 204.



Oberwind wendete man nicht blofs bei Gasflammöfen, sondern auch bei Rostfeuerungen an, wie z. B. bei den Doublierschweifsöfen von Frantschach, Fig. 204, wo man 1845 Unterwind *A* und Oberwind *B* anwendete.

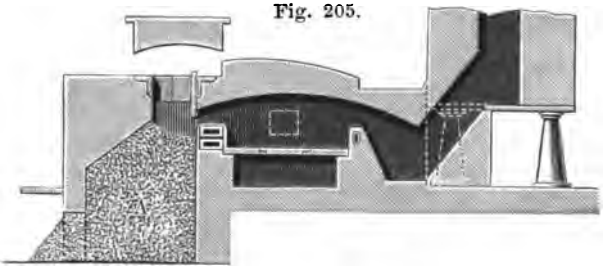
Auf den Bau der Puddelöfen hatte die Anwendung verschiedenartiger Brennmaterialien, namentlich aber der Gasbetrieb grofsen Einflufs, wie wir bereits an Beispielen gesehen haben. Soweit dies die Feuerung betrifft, begnügen wir uns mit dem Vorgetragenen und erwähnen nur noch den sogenannten Pultrost, welcher zuerst auf der bayerischen Eisenhütte zu Hammerau in Anwendung gebracht wurde [1]). Es war dies im Grunde genommen eine vereinfachte Gas-

[1]) Vergl. Tunner, Jahrbuch 1843 bis 1846, S. 158.

Digitized by Google

feuerung ohne Rost und ohne künstlichen Wind. Dagegen befand sich an Stelle der Rostfeuerung ein schachtförmiger Raum *A*, Fig. 205, der unten bis zur Höhe von 6 bis 12 Zoll unter der Feuerbrücke mit Kohlenlösche gefüllt, nach oben aber offen war. Oben, etwa 1 Fuſs unter dem Rande, hatte dieser Schacht an den beiden kürzeren Seiten einen Absatz, so daſs der obere Teil um je einen Zoll breiter war als der untere. Dieser Aufsatz diente zur Auflagerung der Holzscheite, welche dadurch einen Rost bildeten, der sich aber oberhalb der Feuerbrücke befand. Die Verbrennung erfolgte von oben nach unten. Die halbverbrannten Scheite fielen auf den Löscheboden, wo sie vollständig verbrannten. Das Aufgeben neuer Scheite geschah bequem von oben mit der Hand, da der starke Zug der Esse Flamme und Luft nach unten drückte. Diese Pultfeuerung war natürlich nur für Holzscheite anwendbar, hierfür bot sie aber vor der gewöhnlichen Rostfeuerung entschiedene Vorzüge dar.

Fig. 205.



Eine andere Neuerung, welche den Bau der Puddelöfen beeinfluſste, waren die Vorglühherde, die man namentlich gern bei Holzfeuerung und Gasöfen anbrachte und überhaupt da, wo Brennmaterialersparnis eine wichtige Rolle spielte. Wir haben gesehen, daſs man sich namentlich in Österreich vielfach damit begnügte, den unteren Raum der Esse selbst als Vorwärmeraum zu benutzen. Besser war es aber, besondere Vorglühherde zwischen Esse und Puddelofen anzubringen; dadurch entstanden die Öfen mit doppelten Herden[1]). Bei diesen diente der Herd an der Feuerbrücke zum Puddeln, der an der Esse zum Glühen des Roheisens.

Diese Öfen sind also zu unterscheiden von dem oben erwähnten doppelten Ofen zu Neuberg, bei dem zwei Puddelherde hintereinander lagen. Schon um 1830 hatte man zu Chatillon bei Paris Puddelöfen mit zwei Herden; auf dem einen wurde das Roheisen

[1]) Ein solcher von Boulogne, Departement Haute-Marne, ist von Le Blanc und Walter, II, Tab. 14, abgebildet.

Digitized by Google

gefeint, auf dem anderen wurde das Feineisen gefrischt. Man machte damals ein Geheimnis aus ihrer Konstruktion.

Eng verwandt damit waren die französischen Doppelöfen mit zwei Einsatzthüren auf derselben Seite. Bei diesen war das Gewölbe in der Mitte zwischen den beiden Arbeitsthüren niedergezogen, der Herd bildete aber eine lange, nur durch eine niedrige Brücke getrennte Fläche. Dagegen wurden beide Hälften des Herdes selbstständig, wenn auch gleichzeitig besetzt und in beiden gleichzeitig gepuddelt. Der Nachteil dieser Öfen war der, dafs der vordere Ofen an der Feuerbrücke in der Regel früher fertig war und dann auf den zweiten warten mufste, was den Abbrand unnütz vermehrte, ohne eine entsprechende Brennmaterialersparnis zu gewähren. Deshalb gab man diese Öfen schon in den 30er Jahren wieder auf. Auch die Doppelöfen mit zwei gegenüberliegenden Arbeitsthüren hatten sich nicht bewährt (Karsten, §. 974).

Das dritte wichtige Moment bei dem Bau der Puddelöfen war die Verbindung mit der Esse. Ursprünglich gab man jedem Puddelofen seine eigene Esse. Später aber zog man es vor, zwei mit der Rückwand zusammengebaute Öfen in eine entsprechend gröfsere Esse einmünden zu lassen. Aufserdem wendete man in grofsen Walzwerken gemeinschaftliche Essen für eine gröfsere Anzahl Öfen an. Nach Valerius kann eine Esse von 4 engl. Fufs Weite und 120 Fufs Höhe höchstens für 12 Puddel- oder 8 Schweifsöfen dienen.

Statt der Esse brachte man die Anwendung von Gebläsen in Vorschlag, indem man entweder gepreſste Luft unter den ganz geschlossenen Aschenfall leitete, also, wie man sagte, mit Unterwind arbeitete, oder Ventilatoren als Exhaustoren verwendete und damit die glühenden Gase, nachdem sie im Ofen ihre Dienste gethan hatten, absaugte. Beide Vorschläge waren bis 1840 nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen. Versuche, die man zu Veckerhagen damit anstellte, wurden wieder aufgegeben.

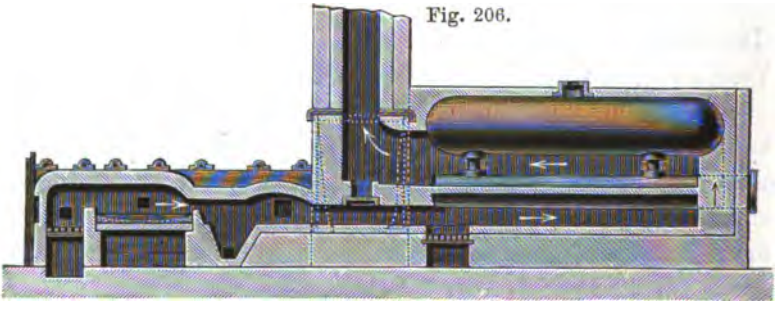
Eine andere sehr wichtige Neuerung, die in dieser Periode gröfsere Verbreitung fand, war die Benutzung der von den Schweifs- und Puddelöfen entweichenden Flamme zur Dampferzeugung. Das Verfahren war (s. S. 270) schon früher in England angewendet worden, aber es fand auf dem Kontinent, wo man weit mehr jede mögliche Brennmaterialersparnis benutzen mufste, viel allgemeinere Verbreitung. Dies war zuerst in Frankreich und Belgien der Fall. Man hoffte, die Kraft, welche für den Betrieb der Walzwerke bei den Flammfrischhütten nötig war, durch die Dampferzeugung mit der Überhitze der

Digitized by Google

Puddelöfen zu erhalten. Flachat hat sich um diese Frage bemüht und die Einrichtung auf der Hütte zu Abbainville beschrieben [1]).

Die angewendeten Dampfkessel waren liegende Cylinderkessel mit je zwei Siederöhren. Nach Flachats Aufstellung verbrannte man in einem Puddelofen in der Stunde 80 kg, in einem Schweifsofen 106 kg Steinkohlen. Unter der Annahme, dafs eine Maschine von mittlerem Druck mit Kondensation und ohne Expansion in der Stunde und für die Pferdekraft 4 kg Steinkohlen erfordert, erzeugte also ein Puddelofen theoretisch 20 und ein Schweifsofen 27 Pferdekräfte. Diese Kraft konnte noch beträchtlich gesteigert werden durch Benutzung der Expansion des Dampfes bei den Maschinen. Hierüber stellte Flachat Versuche an, welche in der angeführten Abhandlung beschrieben sind. Es ergab sich daraus, dafs mit Expansion die Kraft des Dampfes vollständig hinreiche, das Walzwerk zu betreiben.

Fig. 206.



Seit der Mitte der 30er Jahre bediente man sich denn auch in Belgien zu Couillet und zu Marchienne-au-Pont bei Charleroi bereits dieser „Kesselöfen". Die Dampfkesselanlage zu Couillet entsprach genau der oben erwähnten, schon in den 20er Jahren in Staffordshire üblichen. Vier Flammöfen waren mit einem stehenden Kessel mit innerem Feuerraum verbunden. Die Verbrennungsgase wurden von grofsen Sammelessen abgeführt.

Die Öfen mit Kessel und Esse wurden hauptsächlich in Frankreich angewendet, und haben aufser Flachat, Thomas und Laurent, Grouvelle u. A. Einrichtungen derselben bekannt gemacht [2]).

Fig. 206 stellt das System von Grouvelle dar, wie es in der Hütte zu Sionne im Vogesendepartement ausgeführt worden war. Jeder Flammofen hatte seinen eigenen einfachen Cylinderkessel mit

[1]) Annales des mines, 3. Serie, XVII und Supplement zu Le Blanc und Walter, Eisenhüttenkunde, S. 27.

[2]) Armengaud, Publication industrielle II, 3. Lieferung; Grouvelle, Guide du chauffeur.

Digitized by Google

zwei Siederöhren und der Kesselofen lag in derselben Höhe. Je zwei Kesselöfen hatten eine gemeinschaftliche Esse. Grouvelle schlug für den Fall, dafs es an Platz mangele, vor, die Dampfkessel über die Flammöfen zu legen [1]).

Bei der Anlage des neuen Puddelwerkes zu Seraing Ende der 40er Jahre verband man immer je zwei Puddelöfen mit einem einfachen Walzenkessel ohne Siederöhren, legte aber die Dampfkessel (Fig. 207 u. 208) unter die Hüttensohle. Die Resultate waren sehr günstig. Während es bei Schweifsöfen als Regel galt, dafs 100 kg Brennmaterial, sowohl Steinkohlen als Holzkohlen, 290 kg Eisen schweifswarm machten, machten die

Fig. 207.

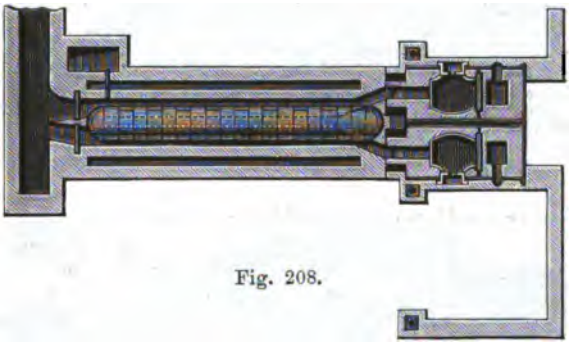


Fig. 208.

neuen Schienenschweifsöfen mit Dampfkessel 303 kg Eisen schweifswarm und 100 kg Brennmaterial verdampften 311 kg Wasser. Auf 1 qm Heizoberfläche wurden in der Stunde 36,4 kg Wasser verdampft. In 12 Stunden schweifste man 654 kg mehr als in gewöhnlichen Schweifsöfen [2]).

Von Verbesserungen am Puddelofen selbst erwähnen wir die

[1]) Nähere Angaben auch über die Kosten dieser Anlagen finden sich in Valerius, Handbuch der Stabeisenfabrikation.

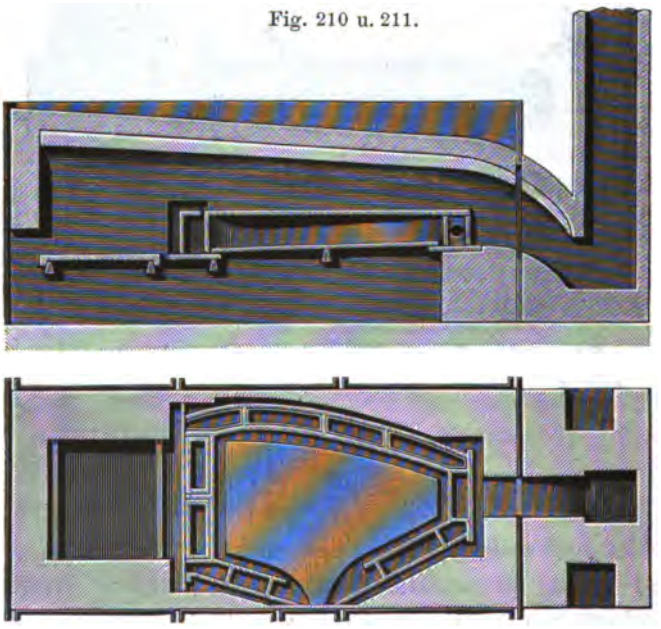
[2]) Siehe Zweites Ergänzungsheft zu Valerius, Handbuch der Stabeisenfabrikation, S. 26.

Digitized by Google

schon mehrfach berührte Kühlung durch Luft oder Wasser. Schon in früherer Zeit hatte man die Feuerbrücke und den Fuchs öfter dadurch zu schützen gesucht, dafs man ihn hohl machte, indem man ein viereckiges hohles Eisen einmauerte, durch welches die Luft durchstreichen konnte, Fig. 209. In der Folge führte man diesen Luftkanal um den ganzen Herd des Puddelofens herum. Am 7. Dezember 1832 nahmen Daniel und Georg Horton ein Patent (6299) hierauf und zwar sowohl für Luft- als für Wasserkühlung. Diese Puddelöfen nannte man „Luftöfen“ im Gegensatz zu den älteren massiven Öfen. Öfen dieser Art waren auch die „Kochöfen“ (bouilleurs) zu Creusot und Alais, welche in Fig. 210 u. 211 dargestellt sind [1]). Die Luftöfen fanden namentlich in Belgien Eingang und verdrängten nach

Fig. 209.

Fig. 210 u. 211.



und nach die massiven Öfen. So hatte man 1843 in der Gegend von Charleroi nur Luftöfen, auch im Bezirk von Lüttich, z. B. zu Ougré und zu Lüttich hatten sie die massiven Öfen bereits verdrängt, doch hielt man zu Seraing noch an letzteren fest. Man sparte bei den Luftöfen Ziegelsteine und hatte weniger Reparatur. Allerdings

[1]) Atlas du mineur et métallurgiste, Le Blanc et Walter, III, 40.

Digitized by Google

brauchten sie auch durch die stärkere Abkühlung mehr Brennmaterial.

In Deutschland hatte man, anstatt Luft um den Herd cirkulieren zu lassen, versucht, die Ofenwände mit Wasser, welches durch den hohlen Herdkranz cirkulierte, zu kühlen. Die Öfen wurden auf dieselbe Weise wie die Luftöfen konstruiert, nur dafs die Luftplatten auf der nach dem Luftstrom zugekehrten Seite eine Röhre angegossen hatten, durch welche ein Wasserstrahl fliefsen konnte. Dieses Rohr war $^5/_4$ engl. Zoll weit. Aufserdem setzte man den Kanal nicht, wie bei den Luftöfen, aus sechs Platten zusammen, sondern man nahm einen im ganzen gegossenen Kranz als Umgebung des Herdes, weil Dichtigkeit des Wasserkanals ein Haupterfordernis war.

Im Jahre 1836 waren solche Puddelöfen zu Nachrodt und zu Oberhausen im Betrieb. Man machte ihnen den Vorwurf, dafs der Kanal leicht zerspringen und das Wasser dann in den Herd dringen könne. Allein das Wasser liefs sich leicht abstellen, und funktionierte dann der Ofen immer noch als Luftofen.

Die wichtigste Verbesserung im Arbeitsraume des Puddelofens war die Ersetzung der alten Sandherde durch Schlackenherde, welche Joseph Hall auf dem Eisenwerk von Bloomfield bei Tipton in Staffordshire um 1840 zuerst einführte und die sich rasch sowohl in England als auch auf dem Kontinent ausbreitete und eine vollständige Umwälzung im Puddelbetrieb herbeiführte.

Um durch Zuführung von kalter Luft unter den Rost den Zug zu verstärken, führte man unter den Feuerungen der Puddel- und Schweifsöfen einen geräumigen Kanal durch, der mit der äufseren Luft kommunizierte.

Dafs man den Schweifsöfen für verschiedene Eisensorten verschiedene entsprechende Formen und Gröfsen gab, bedarf hier nur der Erwähnung. Hinsichtlich des Ausschweifsens der Draht- und Blechflammen haben wir dies schon früher kennen gelernt.

In einigen Gegenden Belgiens, hauptsächlich in der Provinz Lüttich, und in Frankreich wendete man zum Wärmen des Eisens, besonders der Bleche, eigentümliche, als fours dormants bekannte Öfen an. Sie hatten grofse Ahnlichkeit mit Backöfen, nur dafs die Herdsohle durch einen Rost ersetzt war, der sehr grofs und mit einem niedrigen Gewölbe bedeckt war. Die aufserhalb des Ofens über der Arbeitsthür liegende Esse gestattete das Ausströmen der Flammen und des Rauches, ohne einen Zug zu veranlassen. Sie hatten nur eine Thür, welche zu gleicher Zeit zum Feuern oder Schüren,

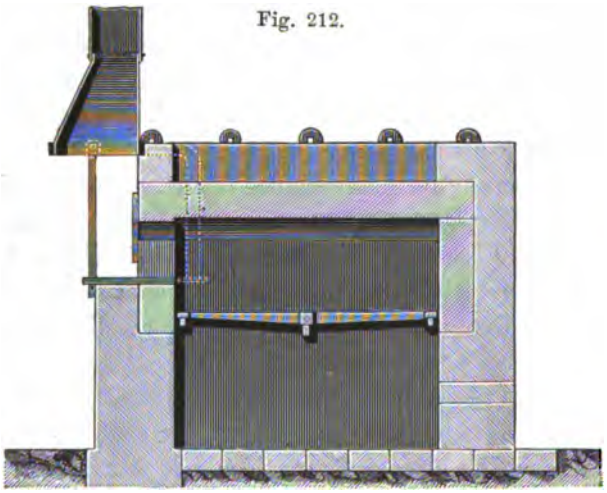
Digitized by Google

sowie zum Einsetzen und Herausnehmen des Eisens und zum Abziehen der Flammen und des Rauches diente. Das Eisen wurde auf die Steinkohlen gelegt, welche den Rost bedeckten. Es waren dies ziemlich dieselben Öfen, die schon Swedenborg 1734 bei dem Schneid- und Walzwerk abgebildet hat. Fig. 212 stellt einen solchen four dormant dar.

Der Betrieb der Puddelöfen gestaltete sich verschiedenartig, je nachdem man Feineisen oder Roheisen schmolz, oder je nachdem man weiches oder hartes Eisen erzeugen wollte, sowie nach der Natur des Roheisens und des Brennmaterials überhaupt.

Bei der alten Methode des Wasserpuddelns setzte man das Roheisen ohne Schlacke ein, steigerte die Hitze nur langsam und wendete und zerbrach das Eisen, sobald es anfing, rotglühend zu werden. Durch Brechen und Schlagen zerkleinerte man es in nufsgrofse Stücke. Sobald die Hitze sich so steigerte, dafs das Eisen zu schmelzen begann, liefs man das Register nieder und gofs Wasser auf die heifsen Stücke. Dann fuhr man mit dem Aufbrechen und Durcharbeiten fort, indem man zur Beschleunigung der Gare Feilspäne und Hammerschlag einwarf. War die ganze Masse in Stückchen zerbrochen, so öffnete man das Register ein wenig und rührte bei stärkerer Hitze um, indem man immer darauf achtete, dafs das Eisen nicht in Flufs kam. Das Eisen garte unter steigender Hitze. Die Entkohlung wurde hierbei grofsenteils durch Glühfrischen bewirkt. Bei diesem Verfahren wendete man stets die alten massiven Öfen an. Meist wurde gefeintes Eisen verarbeitet.

Fig. 212.



Ein abgeändertes Verfahren des Wasserpuddelns bestand darin, dafs man gleich anfangs starke Hitze gab und die ganze Charge rasch zum Schmelzen brachte. Sobald das Eisen aber flüssig war, liefs man das Register nieder und gofs viel Wasser nach und nach

Digitized by Google

auf den Herd. Das erkaltende Eisen zerkleinerte man dann, wie oben beschrieben, und brachte es zur Gare. Die Wassermenge, die man eingofs, betrug 20 Liter für ein Frischen. Von weifsem Eisen machte man fünf, von grauem vier Frischen in 12 Stunden.

Ganz anders verlief das Puddeln auf den Schlackenherden. J. Hall ersetzte, wie erwähnt, um 1840 zuerst den Sand auf der eisernen Bodenplatte durch Schlacke. Er verbesserte aufserdem den eisernen Herdboden selbst und setzte die Ränder des Herdes mit gerösteter Schweifsschlacke (roasted tap-cinder — „ausgesaigerter Dörnerschlacke" nach Wedding), welche die vulgäre Bezeichnung bull-dog erhielt, aus. Das Puddeln auf diesen Herden hiefs Schlackenpuddeln, in England pigboiling, oder auch nasses oder fettes Puddeln (wet puddling) im Gegensatz zu dem trockenen (dry) Puddeln auf dem Sandherd. Als Kochpuddeln bezeichnete man dieses Verfahren, weil bei der Berührung des flüssigen Eisens mit der eisenoxydhaltigen Schlacke des Bodens sich Kohlenoxydgas entwickelte, welches ein Aufkochen erzeugte.

Das Schlackenpuddeln oder Kochfrischen (affinage par bouillement) verlief durchaus verschieden von dem Trockenpuddeln. Man unterschied zwei Methoden. Bei der einen setzte man mit der Charge von ca. 200 kg sogleich 50 Proz. garende Zuschläge ein und schmolz bei starker Hitze und offenem Register, aber gut verschlossener Thür, ein. Sobald das Eisen flüssig und von Schlacke bedeckt war, begann man es kräftig mit Krücken durch die Öffnung in der Thür durchzurühren. Es fing an sich aufzublähen, und das Kochen wurde so lebhaft, dafs der Herd, der vorher leer zu sein schien, bis zum Rande gefüllt wurde und ein Überlaufen durch die Thür zuweilen nicht zu verhindern war. Das Eisen wurde dicker, erst breiartig, dann teigig, die Schlacken sonderten sich ab und sanken nieder, die Gare trat ein. Der Arbeiter brach nun mit der Brechstange die Masse vom Boden her radial durch, teilte sie in vier bis sechs Teile, von denen jeder eine Luppe gab, welcher er durch Drücken, Aufheben und Umwenden eine kugelige Gestalt gab. Ein anderes Verfahren bestand beim Luppenmachen darin, anstatt die Masse zu teilen, gleich eine kleine Luppe zu formen und dieser durch Umrollen in der Eisenmasse, ähnlich wie einen grofsen Schneeball im Winter, die gewünschte Gröfse zu geben. Erst wenn die Luppen fertig waren und herausgenommen werden sollten, wurde die Arbeitsthür geöffnet.

Während man bei der eben beschriebenen Methode das Register stets offen liefs und fortwährend bei grofser Hitze arbeitete, verfuhr

Digitized by Google

man bei der zweiten Methode in anderer Weise. Statt 50 Proz. wurden nur 25 Proz. Garschlacke und Hammerschlag eingesetzt. Das Einschmelzen begann bei offenem Register, sobald das Eisen aber anfing, flüssig zu werden, liefs man das Register nieder und rührte um, bis das Eisen von Schlacken bedeckt war. Alsdann öffnete man das Register und rührte bei steigender Hitze kräftiger. Die Kochperiode begann und der Prozefs wurde in derselben Weise, wie oben beschrieben, zu Ende geführt. Auf das richtige Einschüren des Brennmaterials kam natürlich viel an; während des Luppenmachens durfte nicht geschürt werden.

Man machte auf diese Art in 12 Stunden mit weifsem Roheisen sechs, mit grauem fünf und mit Feineisen acht Chargen; bei dem zuvor beschriebenen Verfahren mit fortwährend geöffnetem Register machte man in 24 Stunden eine Charge mehr. Bei dem letztbeschriebenen Verfahren erhielt man aber besseres Eisen. Zu 100 Tln. Rohschienen brauchte man 100 Tle. Steinkohle, der Eisenabgang betrug 8 Proz.

Bei dem Schlackenpuddeln wendete man mit Vorliebe den mit Luft oder Wasser gekühlten Ofen an. Diese Öfen hatten eine besondere Fuchsbrücke, welche verhinderte, dafs das flüssige Metall in die Esse lief.

Das Kochfrischen verbreitete sich rasch von England nach Belgien (Seraing), Frankreich und Deutschland (Königshütte 1843).

Man hat öfter versucht, Brennmaterialersparnis dadurch zu erzielen, dafs man das Roheisen in flüssiger Form direkt aus dem Hochofen in die Puddelöfen leitete oder schöpfte. Für dieses Verfahren nahmen G. und J. Jones, J. Foster und J. Baker 1832 ein Patent (Nr. 6300). Denselben Zweck verfolgte das Patent von J. J. Guest vom 31. Januar 1833 (Nr. 6379). Th. W. Baker wollte das Eisen aus einem Feineisenfeuer flüssig in den Puddelofen leiten (1841, Nr. 8855). L. Powell und R. Ellis nahmen in demselben Jahre ein Patent, das Roheisen aus dem Hochofen direkt in den Kochofen zu leiten, zugleich aber auch zur Beförderung des Puddelprozesses während der Kochperiode Gebläsewind durch eine Düse nahe der Arbeitsthür auf das Metallbad zu leiten. Ebenso schlug Thorneycroft 1843 vor, Wind durch die hohle Feuerbrücke in die Puddel- und Schweifsöfen zu leiten.

Um die Verbesserung des Puddelns hat sich Professor Schafhäutl besonders bemüht und dasselbe durch mechanische und chemische Hülfsmittel zu erleichtern gesucht. Es ist eine bekannte Sache, dafs die

Digitized by Google

Arbeit des Puddelns eine der anstrengendsten und angreifendsten ist, die in der Eisenindustrie vorkommen. Da nun gerade der mühevollste Teil derselben, das Rühren mit der Krücke, eine ziemlich einfache und gleichmäfsige Bewegung ist, so kam Schafhäutl auf den Gedanken, dasselbe durch Maschinenkraft ausführen zu lassen. Er konstruierte deshalb einen mechanischen Puddler, bei welchem die Rührkrücke durch einen von einer Kraftmaschine getriebenen Hebelmechanismus hin und her bewegt wurde. Schafhäutl nahm dafür am 13. Dezember 1836 in England ein Patent, und in England auf dem Tividale-Eisenwerk bei Dudley wurde dieser erste mechanische Puddler auch zuerst in Betrieb genommen. Er sollte nicht nur das Rühren, sondern auch das Aufbrechen vor dem Luppenmachen besorgen. Deshalb war er so eingerichtet, dafs man ihn durch einen Tritt mit dem Fufse aufheben konnte, so dafs er nur beim Hingang, nicht aber beim Rückgang in das Eisenbad eintauchte. So konnte er selbst beim Luppenmachen mitwirken, dadurch, dafs er das Eisen in cylindrische Stücke zusammenrollte, denen dann ein Arbeiter mit der Brechstange die Kugelgestalt gab. Schafhäutls Puddler fand aber keine Verbreitung, weil er zu kostspielig war. Jeder Puddler verlangte seine eigene Maschine, und als man, um die Kosten der mechanischen Arbeit zu dem Ausbringen in ein günstigeres Verhältnis zu setzen, die Puddelöfen so vergröfserte, dafs sie den vierfachen Roheiseneinsatz, nämlich 800 kg, faßten, wurde wieder der Abbrand zu grofs. So kam diese Erfindung in Vergessenheit, um erst nach 30 Jahren wieder aufzutauchen.

Für ein chemisches Beförderungsmittel des Puddelns, welches Schafhäutl ebenfalls erfand, erhielt er am 13. Mai 1835 in England ein Patent. Dasselbe bezog sich auf den Zusatz gewisser Ingredienzien zu der geschmolzenen Eisen- und Schlackenmasse im Puddelofen, um weiches Eisen zu erzeugen. Sie bestanden aus $1^3/_4$ Pfd. Braunstein, $3^3/_4$ Pfd. Salz, 10 Unzen Töpferthon, alles gut getrocknet, gepulvert und gemischt [1]). Dieses Pulver sollte in 12 Dosen in Zwischenräumen von etwa 2 Minuten einer Charge von $3^1/_2$ Ctr. Roheisen mit der üblichen Garschlacke zugesetzt und eingerührt werden. Um hartes Eisen zu erzeugen, sollte nur die Hälfte Braunstein genommen, dafür drei Schaufeln Walz- oder Hammerschlacke zugefügt werden.

Dieses Pulver, das unter dem Namen Schafhäutlsches Pulver

---

[1]) Siehe Prechtl, Technol. Encyklop. XV, 421.

Digitized by Google

bekannt wurde, fand bald eine verbreitete Anwendung und erhielt sich längere Zeit im Gebrauch. Es sollte hauptsächlich das Eisen reinigen und verbessern[1]). Bis zu einem gewissen Grade erfüllte es auch seinen Zweck, hauptsächlich wohl durch eine bessere Verflüssigung der Schlacken. Doch schrieb man damals die Wirkung allgemein dem Chlor zu. Karsten wies aber schon nach, dafs dies ein Irrtum sei und dafs sich kein Chlor, sondern Chlorwasserstoff entwickele[2]).

In Deutschland wurde das Mittel angewendet in Süddeutschland, in Oberschlesien u. s. w. Man wendete es nur beim Schlackenpuddeln an, und es galt dabei als Vorschrift, dafs das Schlackenbad nicht dünner als 2 Zoll sein durfte. Ein Nachteil des Mittels, der z. B. auf der Hütte von Orban zu Grivegnée in Belgien beobachtet wurde, bestand darin, dafs es die Wände des Puddelofens sehr angriff.

Es wurden um jene Zeit noch viele ähnliche Verbesserungsmittel erfunden und auch angewendet. Schon früher waren solche in England patentiert worden. 1824 hatte Joseph Lubock ein Patent (Nr. 4956) auf die Verbesserung des Eisens durch Zusatz von Salz beim Puddeln erhalten. Er schrieb vor, 7 Pfd. Salz zu einer Charge von $3^1/_2$ Ctr. zuzusetzen. Josias Lambert nahm zwei Patente; nach dem ersten von 1829 schlug er 2 Tle. Kochsalz und 1 Tl. Pottasche, nach dem zweiten ein Gemisch von Salz, Kalk und Pottasche zu. Dieses Gemisch konnte ebensowohl im Puddel- wie im Schweifsofen angewendet werden. Seine dritte Mischung bestand aus 2 Tln. Salz und Kalk und $1^1/_2$ Tln. Salpeter, welches in das geschmolzene Eisen im Puddelofen eingerührt werden sollte.

Mushet schlug 1835 feingepulvertes Eisenerz mit Kohlenpulver gemischt als ein Mittel vor, das Kohlen des Eisens zu befördern und den Puddelprozefs zu beschleunigen (Patent Nr. 6908).

Duclos liefs sich 1837 in England ein Verfahren patentieren (Nr. 7448), welches darin bestand, das Eisen durch Manganchlorid und Chlorkalk zu reinigen. Hierbei sollte angeblich das Chlor das Reinigungsmittel sein, dadurch, dafs es sich mit dem Schwefel und anderen Verunreinigungen des Eisens zu flüchtigen, mit den erdigen Verunreinigungen zu flüssigen Verbindungen vereinige. Bei dem Reinigungsprozefs, der in einem Flammofen mit geneigtem Herdboden und einer tiegelförmigen Vertiefung am Ende, auf deren Boden die Chemikalien gebracht wurden, vorgenommen wurde, sollte auf die Charge von 30 Ctr. Roheisen 336 Pfd. Manganchlorid und $6^3/_4$ Pfd.

[1]) Über seine chemische Wirkung vgl. Wedding, a. a. O. III, 280.
[2]) Karsten, a. a. O., §. 997.

Digitized by Google

Chlorkalk zugesetzt werden. Während des darauffolgenden Puddelns sollte von Zeit zu Zeit noch etwas von dem Gemenge eingetragen werden. Nach dem Kohlen sollte das Eisenbad in dem Flammofen entweder mit einer Decke von kleinen Holzkohlen bedeckt, oder das Eisen, sobald es in den krystallinischen Zustand der Absonderung gekommen sei, herausgenommen und in einem Holzkohlenfeuer zu Luppen geformt werden.

William Gossage nahm 1838 ein Patent (Nr. 7693) für das Puddeln mit einem Zusatz von gepulvertem Thoneisenstein und Kalk anstatt Hammerschlacke.

Sir Josiah John Guest und Thomas Evans nahmen 1840 ein solches, um mit Wasserdampf zu puddeln. Sie leiteten gespannte Dampfstrahlen in Röhren durch das Gewölbe auf das flüssige Eisenbad.

Ein sehr sonderbarer Zusatz beim Puddeln war ein Gemisch von Schwefel, Salpeter, Borax und Alaun, mit der gleichen Menge Soda in Patronen einzutragen, wofür Southall und Crudgington 1844 ein Patent (10038) erhielten. Charles Lows Rezept (Patent Nr. 10204) bestand aus 42 Pfd. Braunstein, 8 Pfd. Graphit, 14 Pfd. Holzkohle und 2 Pfd. Salpeter für eine Charge von 480 Pfd. Roheisen.

In Deutschland empfahl Engelhard ebenfalls den Salpeter als das beste Mittel, um Schwefel, Phosphor und Arsenik beim Puddeln durch Oxydation aus dem Roheisen zu entfernen.

Guiniveau schlug 1834 vor, Luft und Wasserdampf gleichzeitig beim Puddeln auf das geschmolzene Eisen zu blasen, um eine gröfsere Reinigung desselben zu erzielen. Auf dasselbe Verfahren nahm Reuben Plant am 18. Juli 1849 ein Patent in England.

Die Formgebung 1831 bis 1850.

Die wichtigsten Fortschritte in dieser Periode liegen aber auf dem Gebiete der mechanischen Bearbeitung des Eisens, auf dem der Formgebung. Gerade auf diese hat die Erfindung der Lokomotivbahnen und der gewaltige Bedarf, besonders an Eisenbahnschienen, den gröfsten Einfluſs geübt. Da die Eisenbahnen durchaus ein Kind der Eisenindustrie waren, so machte deren Wachstum fortwährend steigende Anforderungen an das Eisenhüttenwesen und zwang durch neue Aufgaben zu neuen Erfindungen und Verbesserungen. Das hat sich auf keinem Gebiete mehr bethätigt, als auf dem der Formgebung des Eisens. Die moderne Walzindustrie und der Dampfhammer sind durch die Eisenbahnen ins Leben gerufen worden; ohne jene

Digitized by Google

hätte sich aber auch das Eisenbahnwesen nie so rasch entwickeln können. Den Walzwerken wurden Aufgaben gestellt, wie nie zuvor. Ohne dafs Birkinshaws Erfindung des Walzens der Eisenbahnschienen vorausgegangen wäre, hätte Stephenson keinen solchen Erfolg haben können. Nachdem er ihn aber hatte, steigerten sich die Forderungen an die Walzwerke mit Riesenschritten. Dabei bot weniger die Menge als die Beschaffenheit der Schienen Schwierigkeiten. Die ersten Schienen, die man walzte, wogen ca. 15 kg der laufende Meter, dies war z. B. noch das Gewicht der Schienen auf der Bahn von St. Etienne nach Lyon, die Schienen, die Stephenson auf der Bahn Liverpool-Manchester anwendete, wogen 17½ kg pro Meter.

Je stärkere Lokomotiven man aber baute, je gröfsere Lasten man fuhr, um so schwerere Schienen mufste man nehmen, und so dauerte es nicht lange, dafs sich das Schienengewicht von 15 kg auf 33 kg pro Meter steigerte. Dies machte aber bei der Normallänge von 15 Fufs englisch eine Steigerung des Gewichtes jeder Schiene von etwa 75 kg auf 165 kg. Die Ansprüche an die Maschinenkraft und an die Walzwerke hatten sich also in kurzer Zeit mehr wie verdoppelt. Die Walzwerke für die Herstellung der Eisenbahnschienen mufsten viel stärker gebaut und viel gewaltigere Dampfmaschinen zu ihrem Betrieb errichtet werden, als dies je zuvor der Fall war. Der Schiene aber unter den Walzen die richtige Form zu geben, war eine neue schwierige Aufgabe für den Hüttenmann. Nachdem man diese erfolgreich gelöst, bot es keine grofse Schwierigkeit mehr, dem Eisen auch noch andere neue Formen zu geben, wie sie namentlich die Benutzung des Eisens für Bauzwecke verlangte. Es ist deshalb kein Zufall, dafs die Erfindung des gewalzten T-Eisens ziemlich mit der Eröffnung der Eisenbahn von Manchester nach Liverpool zusammenfällt.

Ehe wir aber auf das Walzen des Façon- oder Formeisens und der Eisenbahnschienen näher eingehen, müssen wir die Verbesserungen ins Auge fassen, welche bei der ersten Behandlung der Luppen, nachdem sie den Puddelofen verlassen hatten, gemacht wurden.

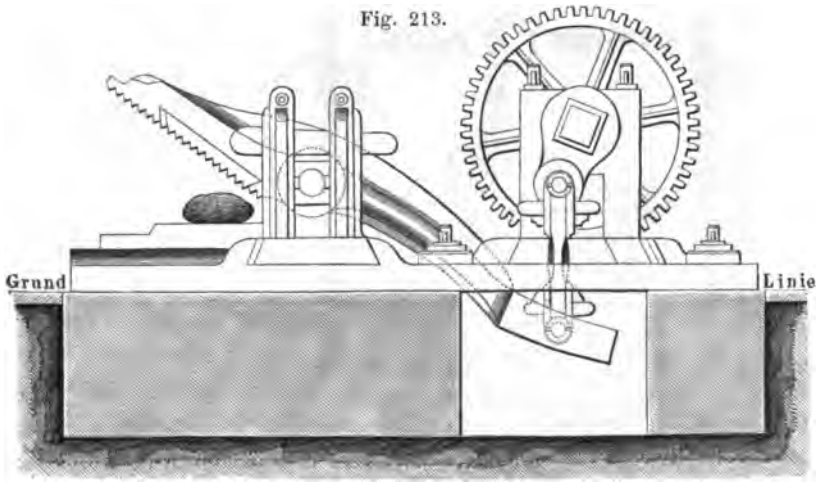
Der einfache Stirnhammer war noch das gebräuchlichste Werkzeug zum Zängen der Luppen. Um den Amboís von allen Seiten zugänglich zu machen, hatte man bei den Hämmern in England und zu Seraing um 1840 die Verbesserung angebracht, dafs die Bewegung durch einen Ansatz am Hammerhelm von unten mittels Excenterscheiben geschah (Marteau à soulèvement â cames en dessous) [1]).

[1]) Siehe Flachat etc., a. a. O., Pl. 41.

Digitized by Google

Statt des plumpen Stirnhammers, unter dem man die weiche, glühende Luppe nur mühselig bearbeiten konnte, hatte man in England Quetschwerke oder Zängepressen erfunden. Dieselben wurden in den 30er Jahren von dem Ingenieur Flachat auch in Frankreich eingeführt und auf den grofsen Hütten zu Vierzon, Abainville und anderen mit Erfolg angewendet. Sie waren leicht, bequem zu bedienen, verbrauchten in einem gegebenen Moment nur die unumgänglich notwendige Kraft, bewegten sich ohne Stofs, ohne Geräusch und ohne Gefahr für die Arbeiter, kosteten wenig und erforderten keine kostspielige Reparaturen. Die Konstruktion war von der Hebelschere, die schon früher in England allgemein bei den Walzwerken gebräuchlich war, entnommen. Fig. 213 giebt die Abbildung

Fig. 213.



einer Luppenquetsche, die man wegen ihres gerippten oder gezahnten Maules, in dem sie die Luppen zusammendrückte, Alligatorquetsche nannte. Das Maul schlofs sich natürlich nicht ganz, sondern nur bis zu einem gewissen Punkte. Je nachdem man die Luppe mehr oder weniger tief hineinsteckte, wurde sie mehr oder weniger gedrückt. Die Luppen kamen in der Form länglicher Kolben aus dem Apparat und wurden zum Schlufs vorn an dem vertieften Absatz gestaucht. Die englischen Quetschwerke machten wenigstens 90 Schwingungen in der Minute. Eine Luppenquetsche, welche 10 bis 16 Luppenöfen bedient, erfordert 8 bis 12 Pferdekräfte.

Zängepressen mit direkter Dampfwirkung oder Dampfzängepressen nannte man diejenigen Quetschwerke, bei denen der lange Hebel direkt mit dem Kolben eines Dampfcylinders in Verbindung gebracht

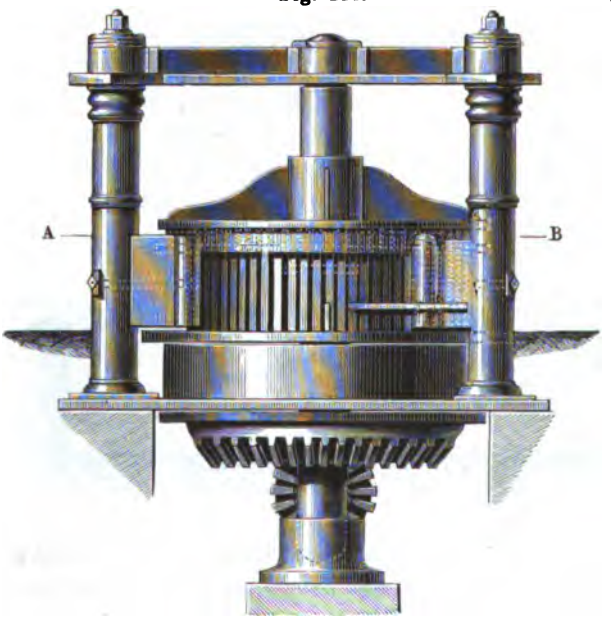
Digitized by Google

war. Derartige Pressen, von Caré und Guillemin (la cingleur d'Anzin) konstruiert, sind abgebildet im ersten Ergänzungsheft zu Le Blanc und Walter, Stabeisenfabrikation.

Die erste Luppenquetsche wurde schon 1805 von John Hartop (Patent Nr. 2888) erfunden, doch kam sie erst in den 30er Jahren in England zu allgemeinerer Verwendung. 1841 wurde sie von Allarton verbessert. Auf dem Kontinent verbreitete sie sich nur langsam. In Belgien sollen nach Valerius um 1844 nur zwei zu Couillet und zu Grivegnée in Anwendung gewesen sein.

Ein anderer Apparat, der den einzigen Vorteil hat, noch weniger Handarbeit zu erfordern, waren die amerikanischen Luppenmühlen, welche 1840 in den Vereinigten Staaten von Gerhard Ralston erfunden wurden und in Amerika grofse Verbreitung fanden. Die Luppenmühle, Fig. 214, besteht aus einer gerippten Trommel, welche sich excentrisch in einem ebenfalls innen gerippten cylindrischen Gehäuse bewegt. Die Bewegung des inneren Cylinders wird durch ein konisches Zahngetriebe bewirkt. Die Luppe, welche schon im Puddelofen etwas vorgeformt war, wurde in die weite Öffnung eingesteckt und kam als länglicher Cylinder aus der engen Öffnung heraus. Ein Stauchen fand nicht statt, und das Auspressen der Schlacke war sehr unvollkommen.

Fig. 214.



Am 22. Februar 1840 erhielt Ralston dafür auch in England ein Patent (Nr. 8389). In der Beschreibung ist gesagt, dafs man die Maschine auch in horizontaler Stellung betreiben könne.

Dennoch wurde 1843 an G. B. Thorneycroft ein besonderes Patent für eine horizontale Maschine fast derselben Konstruktion

Digitized by Google

erteilt, welche nur noch Seitenplatten hatte, die verhinderten, dafs die Luppe sich zu sehr in die Länge ausdehnte, und Löcher, durch welche die ausgepreſsten Schlacken herausfielen.

1849 erhielt Laurence Hill jun. ein Patent auf eine verbesserte Luppenmühle auf Grund einer Mitteilung des Amerikaners Henry Burden. Diese rotierende Zängemaschine ist im ersten Supplementheft zu Le Blanc und Walter, a. a. O., beschrieben und abgebildet.

1847 war eine amerikanische Luppenmühle auf dem Walzwerk von Jacobi, Haniel und Huyssen bei Oberhausen in Betrieb. In einem Bericht darüber heifst es: „Diese Luppenmühle wird von den Eigentümern sehr gerühmt, teils weil die Arbeit geräuschlos und regelmäfsig vor sich geht, teils weil sie die Puddler besser kontrollieren soll als die Hämmer. Die Luppenpressen (squeezers) finden auf den rheinischen Walzwerken wegen ähnlicher Vorteile, besonders zur Schienenfabrikation, immer mehr Eingang.“

Die Verbreitung beider Apparate wurde aber eingeschränkt durch ein weit vorzüglicheres, neu erfundenes Werkzeug, den Dampfhammer. Obgleich derselbe noch weit mehr beim Ausschmieden der Schweifspakete zur Geltung kam, so war er doch auch für das Zängen der Luppen das vortrefflichste Mittel.

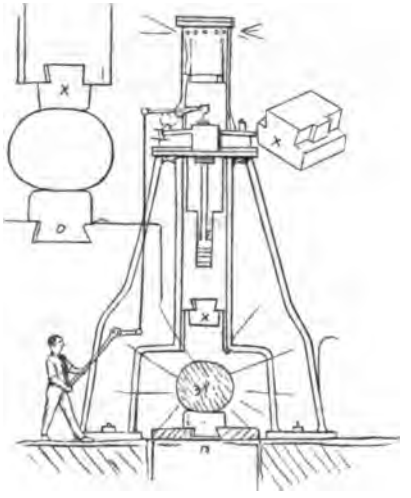
Der Erfinder des Dampfhammers war James Nasmyth. Die Erfindung selbst war, wie das Ei des Kolumbus, die Ausführung eines sehr einfachen, naheliegenden Gedankens, den Hammer direkt mit dem Dampfkolben zu verbinden und ihn frei fallend zu machen wie einen Rammbär. James Watt hatte sich bereits mit der Idee eines Dampfhammers getragen und derselben in seinem Patent vom 28. April 1784 Ausdruck gegeben. Dafs Watts Dampfmaschine Hämmer bewegte, haben wir früher schon mitgeteilt, es waren dies aber Stiel- oder Helmhämmer. Die Frage eines Stempelhammers (stamp-hammer) wurde aber ebenfalls bereits 1777 von Watt erwogen. Am 3. Mai 1777 schrieb er an Boulton: „Wilkinson will grofse Schmiedestücke machen und braucht dazu eine Maschine, um einen Stempel von 15 Ctr. 30- bis 40 mal in der Minute zu heben. Phöbe Webb ist beauftragt, es mit einer kleinen Maschine und einem Stempelhammer von 60 Pfd. Gewicht zu versuchen. Viele solche Schmiederammen (battering-rams) werden gebraucht werden, wenn sie sich bewähren.“

William Deverell nahm am 6. Juni 1806 ein Patent auf einen Stempelhammer, der direkt mit dem Dampfkolben verbunden sein sollte, doch ist nichts darüber bekannt, dafs solche Hämmer aus-

Digitized by Google

geführt wurden. Der verdienstvolle Maschinenfabrikant Caré zu Paris kam der Sache in den Jahren 1833 und 1834 schon näher, indem er direkt wirkende Lochmaschinen und Durchschnitte konstruierte. Auch trug er sich damals bereits mit dem Gedanken, einen Gesenkhammer zum Ausschmieden der Dampfkesselböden in ähnlicher Weise herzustellen. James Nasmyth faſste die Idee zu seinem Dampfhammer im Jahre 1839. Veranlassung dazu gab eine Anfrage von Francis Humphries, dem Oberingenieur der Great Western Steamship Company, welche ein Dampfschiff von auſserordentlicher Gröſse, „Great Britain“, bauen wollte. Für die projektierten Schaufelräder war eine Welle von ungewöhnlicher Dicke nötig, und kein englisches Schmiedewerk wollte die Arbeit übernehmen, weil ihre Hämmer dazu nicht ausreichten. Humphries klagte Nasmyth sein Leid und fragte um seinen Rat. Bis dahin hatte man die alten Hämmer beibehalten und sie auch bei Dampfbetrieb gerade so mit Hebedaumen bewegt, wie bei den alten Wasserrädern. Die Helmhämmer hatten die groſse Unvollkommenheit, daſs sie für dicke Schmiedestücke nicht zu gebrauchen waren. Je dicker das Stück, je geringer war die Wirkung des Helmhammers, dessen Fallhöhe eine engbegrenzte war, während doch gerade für dicke Stäbe mehr Kraft notwendig war. James Nasmyth war ein Ingenieur, der praktische Kenntnisse mit lebhafter Phantasie und groſsem Zeichentalent verband. Nachdenken und Zeichnen war bei ihm fast eins, und darin erinnert er an den groſsen Leonardo da Vinci. Eine halbe Stunde, nachdem er Humphries Brief erhalten und darüber nachgedacht hatte, war obige verkleinerte Skizze, Fig. 215, in seinem Notizbuch fertig [1]). Es war dies am 24. November 1839.

Fig. 215.



James Nasmyth war der Sohn des hervorragenden schottischen Malers Alexander Nasmyth und war am 19. August 1808 zu Edinburg geboren. Schon früh entwickelte sich bei ihm ein hervorragendes

[1]) Siehe S. Smyles, James Nasmyth 1885, S. 332.

Digitized by Google

mechanisches Talent, welches durch des Vaters vortreffliche Anleitung im Zeichnen sehr gefördert wurde. Er fertigte vorzügliche Modelle, die weit über das Mafs des Gewöhnlichen hinausgingen. Im Alter von 19 Jahren trat er in die berühmte Maschinenfabrik von Henry Maudslay in London ein, dessen bester Schüler und Freund er bald wurde. In Gemeinschaft mit Maudslay erfand er zahlreiche Verbesserungen an Werkzeugen und Werkzeugmaschinen. Nachdem Maudslay am 14. Februar 1831 gestorben war, machte er sich selbstständig, gründete die Bridgewater-Giefserei bei Patricroft und associierte sich mit Holbrook Gaskell. Er suchte unablässig seine Werkzeuge zu verbessern; so erfand er 1838 seine Sicherheitsgiefspfanne (Safety Foundry Ladle), deren bekannte Konstruktion und Bedienung aus seiner eigenen Skizze (Fig. 180, S. 538) ersichtlich ist. Wie man aus derselben erkennt, war der Krammer zum Zurückhalten der Schlacke beim Ausgiefsen gleich mit der Pfanne verbunden.

Von noch viel gröfserer Bedeutung war die Erfindung des Dampfhammers, obgleich er mit derselben anfänglich wenig Glück hatte. Die oben mitgeteilte Skizze enthält bereits den vollständigen Entwurf des Dampfhammers, den Amboís mit starker selbständiger Fundamentierung, den Hammer, verbunden mit dem schweren Hammerbär, der sich in Gleitbacken senkrecht bewegt, die zwei starken Ständer, welche den Dampfcylinder tragen, mit dessen Kolben der Hammer durch die Kolbenstange direkt verbunden ist. Der Dampf hebt den schweren Hammer dadurch, dafs er unter den Kolben tritt, der Schlag erfolgt durch den freien Fall des schweren Hammers. Die Bewegung wird durch den Dampfzutritt mittels eines Hebelwerks, das mit dem Dampfschieber verbunden ist und von einem Arbeiter gesteuert wird, reguliert. Alle diese Einzelheiten sind bereits in der Skizze deutlich gezeichnet, und wunderbar ist auch das richtige Gröfsenverhältnis der einzelnen Teile. Ganz in dieser Weise haben sich die Dampfhämmer entwickelt und noch heute trifft die Skizze zu. Nasmyth teilte damals sofort sein Projekt mit Zeichnung und Beschreibung Humphries mit, der es Brunel und dem Direktor Guppy unterbreitete. Alle begrüfsten die Erfindung mit Freuden. Nasmyth überliefs der Gesellschaft seinen Entwurf, um denselben nach Belieben von einer Fabrik ausführen zu lassen. Dies geschah aber nicht, weil die Gesellschaft sich entschlofs, eine gegossene Schraube statt der Schaufelräder anzuwenden.

Nasmyth bot seinen Hammer nach Zeichnung und Beschreibung, worin er die hohe Bedeutung desselben hervorhob, an, aber er erhielt

Digitized by Google

nicht eine einzige Bestellung. Die Zeiten waren für die englische Eisenindustrie sehr schlecht geworden, und so lauteten alle Antworten sehr anerkennend, aber ablehnend, weil die Werke für ihre vorhandenen Hämmer nicht einmal genügende Beschäftigung hatten. Nasmyth hatte kein Patent für seine Erfindung erwirkt, weil ihm dazu die Mittel fehlten, er hatte aber auch kein Geheimnis daraus gemacht, und so kam es, dafs Fremde seine Idee ausbeuteten. Nasmyth und Gaskell hatten bereits einen so grofsen Ruf für ihre selbstthätigen Werkzeugmaschinen, dafs sie vielfach für das Ausland arbeiteten. Fremde Ingenieure kamen, um Bestellungen zu machen, und gewöhnlich auch mit der Absicht, neue Fortschritte und Verbesserungen kennen zu lernen. Dazu wurde ihnen von den Besitzern stets auf das bereitwilligste Gelegenheit geboten. Nasmyth machte aus seinen Entwürfen kein Geheimnis, und sein Skizzenbuch lag im Bureau offen, auch wenn er selbst abwesend war. Dies war der Fall bei einem Besuch des Herrn Schneider von Creusot, der von seinem Ingenieur Bourdon begleitet war. Es waren alte Geschäftsfreunde, die seit Jahren Bestellungen machten, deshalb war es nichts besonderes, dafs sie das Skizzenbuch durchsahen und den Entwurf des Dampfhammers fanden. Gaskell, der anwesend war, erklärte die Skizze, die den Franzosen so gefiel, dafs sie sich dieselbe abzeichneten und genaue Notizen darüber machten. Nasmyth erfuhr wohl nach seiner Rückkunft, dafs die Herren Schneider und Bourdon dagewesen seien, dafs sie sich aber Skizzen aus dem Skizzenbuche über den Dampfhammer gemacht hatten, wurde nicht erwähnt, weil dies nicht als etwas besonderes erschien. Nasmyth war deshalb im höchsten Grade überrascht, als er im April 1842 nach Creusot kam und hier, als er sehr schön geschmiedete grofse Teile einer Schiffsmaschine sah, auf seine Frage, wie sie geschmiedet seien, von Herrn Bourdon, der allein anwesend war, die Antwort erhielt, sie seien mit seinem Dampfhammer geschmiedet, und wirklich sah er gleich darauf das Kind seines Geistes in voller Thätigkeit vor sich. Nun erst erfuhr er von Bourdon von dem Besuch in Bridgewater-Foundry und von den dort genommenen Kopieen und Notizen, welche die Herren sofort nach ihrer Rückkehr zur Erbauung des ersten Dampfhammers benutzt hatten. So ist zwar Nasmyth unbestritten der Erfinder des Dampfhammers, der Ruhm, den ersten arbeitsfähigen Dampfhammer aber ausgeführt zu haben, gebührt den Herren Schneider und Bourdon von Creusot in Frankreich. Die Gebrüder Schneider hatten bereits 1841 ein französisches Patent für

Digitized by Google

ihren Dampfhammer erworben. Dieses Erlebnis versetzte doch Nasmyth in begreifliche Unruhe und er sah ein, dafs es durchaus nötig sei, sich seine Erfindung in England durch ein Patent zu sichern. Das kostete aber damals etwa 500 £, und da er diese nicht zu seiner Verfügung hatte, sie auch nicht aus dem Geschäfte entnehmen konnte, so war er gezwungen, sie von seinem Schwager, William Bennett, zu leihen, dem er dafür einen Anteil an dem Nutzen einräumte.

Am 9. Juni 1842 nahm er sein erstes und schon am 4. Januar 1843 sein zweites Patent. Er baute alsbald einen 30 Ctr.-Hammer für das eigene Werk, der sich vorzüglich bewährte und dessen Ruhm sich in der ganzen Gegend verbreitete, so dafs aus allen Gegenden Neugierige kamen, ihn zu sehen und anzustaunen. Staunen ist auch gewifs der Eindruck, den ein Dampfhammer auf jeden, der einen solchen zum erstenmal arbeiten sieht, macht. Die spielende Leichtigkeit, mit der der Dampf den mächtigen Hammerbären aufhebt, der erschütternde Schlag, wenn der Hammer mit voller Gewalt niederfährt, das leichte Tanzen des Hammers, wenn der Wärter mit einer leichten Hebeldrehung den Dampf ab- und anläfst, die Sicherheit, mit welcher der Wärter die Kraft des Schlages und die Fallhöhe beherrscht, so dafs er die Spitze eines in ein Weinglas gestellten Eies aufschlagen kann, ohne Ei oder Glas weiter zu verletzen, das alles erweckt Staunen und Bewunderung. Nie erscheint uns der Dampf so mächtig in seiner Wirkung, als bei einem grofsen Dampfhammer, und nie erscheint uns die Herrschaft des Menschen über die Dampfkraft und die Kräfte der Natur überhaupt bewunderungswürdiger, als bei der Arbeit des Dampfhammers. Nasmyth bezeichnete von Anfang an seinen Hammer als ein denkendes Wesen, „er denkt in Schlägen“ (he thinks in blows), war ein beliebter Ausspruch von ihm. Und doch ist dieses Denken nur die Wiederholung des einen Gedankens des Erfinders.

Der Dampfhammer gehört zu denjenigen mechanischen Erfindungen, die gleich von Anfang an mit einem hohen Mafs von Vollkommenheit in das Dasein traten, was zu seiner raschen Verbreitung aufserordentlich viel beitrug. Wohl erkannte Nasmyth sofort an dem Hammer von Creusot verschiedene Unvollkommenheiten, die er schon vorher im Geiste abgestellt hatte, ehe er noch an die Ausführung dachte. So war namentlich die Verbindung von Kolbenstange und Hammerbär einfach durch einen Schliefskeil hergestellt, was zu häufigen Brüchen Veranlassung gab, während Nasmyth hierfür, wie er Bourton sogleich durch Zeichnung erklärte, eine elastische Packung

Digitized by Google

vorgesehen hatte. Schneiders Dampfhammer und ebenso die ersten Hämmer von Nasmyth waren oben offen. Sehr bald aber machte er sie oben geschlossen, wobei Luft oder Dampf als Prellkissen wirkten, die Gefahr für den Cylinder aber durch ein Sicherheitsventil im oberen Raum vermieden war.

Die Dampfzu- und abfuhr, welche bei den Nasmythhämmern unter dem Kolben geschah, wurde anfänglich durch Verteilungsschieber bewirkt, später wendete man dafür Ventile an. Die einfache, leicht verständliche Konstruktion eines solchen Dampfhammers zeigt Fig. 216[1]). Der den Hammer *B* tragende Kopf *D* ist durch Keilverbindung fest mit der Kolbenstange *DK* vereinigt. Er geht zwischen Führungen *EF*, welche an den Ständern *G* festsitzen. Die Kopfplatte *HH* trägt den Cylinder *C*. Der letztere hat einen besonderen, mit dem Sicherheitsventil *XY* (Fig. 216, IV) verbundenen Aufsatz, um das Überheben zu verhindern. Die dünne Kolbenstange *K* geht durch eine lange Stopfbüchse. Die Dampfkanäle sind durch den Cylindersockel *W* geführt. Der Dampf tritt aus dem Rohr *U* aus.

Fig. 216, III zeigt den Durchschnitt der Dampfkammer mit dem Zulafsventil VV_1 und den nach dem Cylinder führenden Dampfkanal *W*. Wird das Doppelventil mittels des Stieles *L* gehoben, so strömt der Dampf von *U* nach *V* und V_1 und tritt unter den Dampfkolben *K*. Wird das Auslafsventil geöffnet, so entweicht derselbe Dampf. Die Ventilstäbe *L* und L_1 lassen sich von dem Handhebel *PO* aus abwechselnd bewegen. Um den Hammer plötzlich während des Hubes festzustellen, dient hier ein durch den Winkelhebel *Z* beweglicher Keil *T*, welcher vorgeschoben wird.

Die Arbeit des Hammers geschieht in der Weise, dafs der gespannte Dampf unter den Kolben tritt und diesen zugleich mit dem Hammer in die Höhe hebt, worauf dann in dem Moment, wo der Dampfzufluſs abgestellt und der Ausfluſs geöffnet wird, der Hammer mit seinem vollen Gewicht niederfällt.

Nasmyth verbesserte seinen Hammer dadurch, dafs er selbstthätige Steuerung anbrachte. Diese war zweckmäfsig für diejenigen Wechsel, die sich regelmäfsig wiederholten, also namentlich für den Anfang des Falles. Dagegen behielt man zur Regelung der Geschwindigkeit und Stärke des Schlages die Handsteuerung nebenher bei.

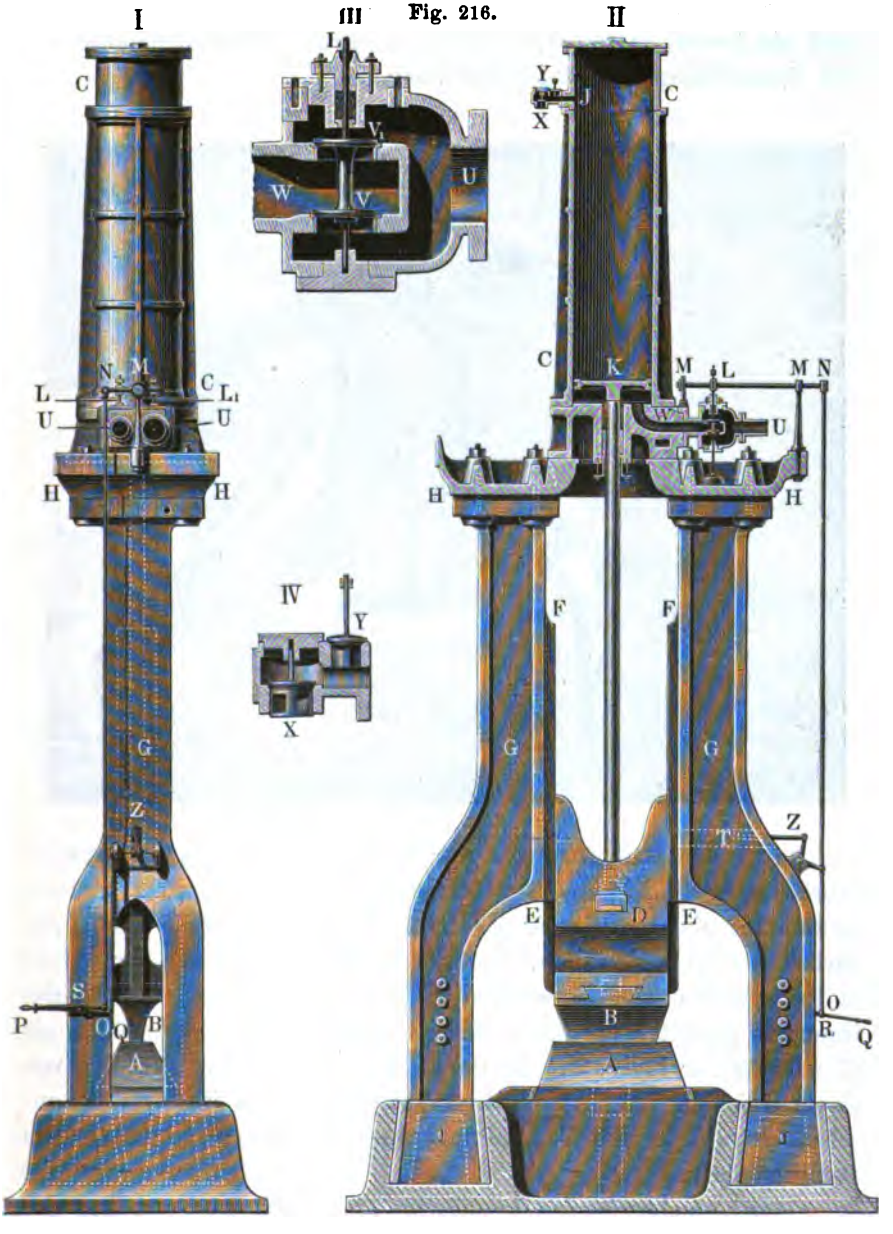
Die Dampfhämmer bedürfen guter Fundamentierung und empfiehlt es sich, Amboſs- und Gerüstfundament getrennt anzulegen. Um die

[1]) Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde III, 769.

Digitized by Google

Erschütterung des Schlages möglichst abzuschwächen, macht man den Amboſs und namentlich die Amboſsunterlage (Schabotte) möglichst schwer, aus einem oder wenigen Stücken. Aufserdem giebt man eine elastische Unterlage von Holz. Das Gewicht der Schabotte mufs immer ein vielfaches des Hammergewichtes sein. Bei Steinboden, der

Fig. 216.

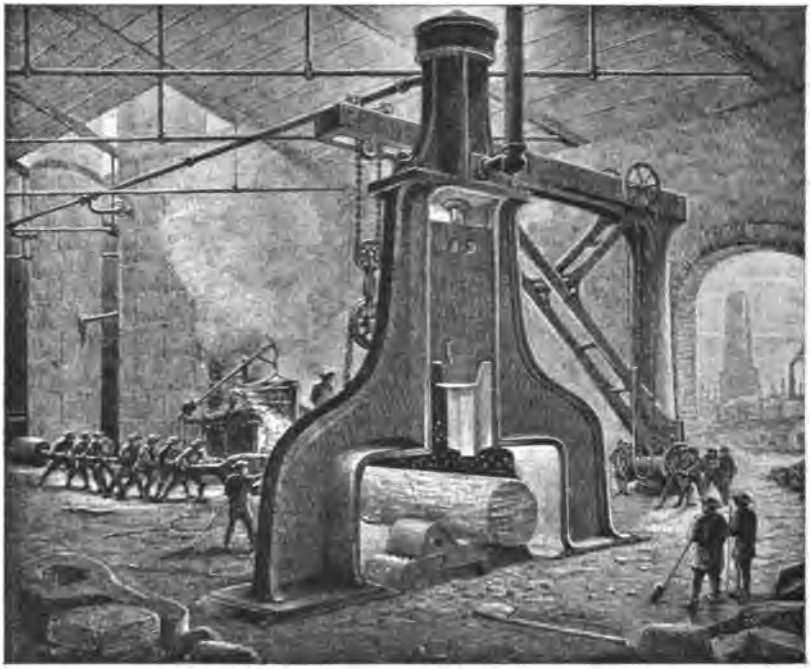


Digitized by Google

die Erschütterungen gut fortpflanzt, pflegt man ihr das 20- bis 25fache, bei Sandboden das 10fache Gewicht zu geben.

Die Hubhöhe der Zängehämmer machte man 2 bis 2,5 m, die grofser Hämmer bis 3,2 m, während kleine Schnellhämmer oft nur wenige Centimeter Hub hatten. Das Hammergewicht der Zängehämmer betrug 1000 bis 2500 kg, gröfsere Dichthämmer gingen von 5000 bis 15000, ja selbst bis 50000 kg hinauf, Schmiedehämmer bis 150, Schnellhämmer bis zu 50 kg hinab.

Fig. 217.



Durch den Dampfhammer war ein neues, höchst wirkungsvolles Werkzeug in die Eisenindustrie eingeführt worden, dessen allgemeine Anwendung einen grofsartigen Einfluſs auf diese ausgeübt hat. Zunächst erstreckte sich dieser Einfluſs auf die Formgebung, für welche es ja erfunden war. Der hohe Hub und das grofse Gewicht des Hammers gestatten die Bearbeitung viel dickerer Schmiedestücke, als dies früher der Fall war. Vorstehende Zeichnung, Fig. 217, die von einem Gemälde von James Nasmyth entnommen ist, zeigt in anschaulicher Weise die Bearbeitung einer riesigen Welle unter dem Dampfhammer.

Ganz besonders ist das Gesenkschmieden durch den Dampfhammer

Digitized by Google

in Aufnahme gekommen, welches bei den Helmhämmern nur in sehr beschränktem Umfange möglich war. Während früher ein Anker Stück für Stück geschweifst und geschmiedet werden mufste, liefsen sich unter dem Dampfhammer die Anker mit Leichtigkeit ganz in Gesenken schmieden.

Ein anderer grofser Erfolg der Dampfhämmer ist die viel bessere Reinigung und Schweifsung des Eisens bei seiner Herstellung. Der Dampfhammer gestattet, wie kein anderes Werkzeug, die geeignetste Behandlung des Eisens beim Zängen der Luppen. Man kann dabei mit leichten Schlägen anfangen und dieselben immer mehr verstärken. Hierdurch geht die Reinigung von Schlacken viel vollkommener von statten, als bei den Luppenquetschen und -mühlen, und die Bearbeitung ist eine viel durchgreifendere. Durch den Schlag des Hammers werden auch die im Innern der Luppe befindlichen Hohlräume zusammengedrückt und die flüssige Schlacke ausgepreſst.

Für die Arbeit des Luppenzängens kam denn auch der Dampfhammer bald in allgemeinen Gebrauch. John Guest in Dowlais liefs sich 1845 einen Hammer von 6 Tonnen Hammergewicht und 7 Fufs Hub bauen. Derselbe diente nicht sowohl zum Luppenzängen, als vielmehr zum Schweifsen und Hämmern der grofsen Eisenpakete, welche zu Schienen ausgewalzt werden sollten. Dieselben waren 3 Fufs 9 Zoll bis 4 Fufs lang und 10 Zoll im Quadrat. Da die Hammerbahn 3 Fufs 9 Zoll lang und 2 Fufs breit war, so bedeckte sie bei jedem Schlag die ganze Oberfläche des Eisenblockes. Sechs bis acht mächtige Schläge genügten, um die schweifswarmen Stäbe in eine dichte Eisenmasse zu verwandeln. Dieses gründliche Verschmieden erhöhte die Güte der gewalzten Eisenbahnschienen beträchtlich. Der Amboſs dieses „Riesenhammers“, wie er damals genannt wurde, wog 36 Tonnen. Die Schabotte war aus einem Stück gegossen. Sie wurde zu jener Zeit als das gröfste Gufsstück der Welt angestaunt.

1843 wurde Nasmyths Dampfhammer auch allgemein in den Werkstätten der englischen Marine von der Admiralität eingeführt, nachdem der Erfinder denselben schon 1840 vergeblich angeboten hatte. Dadurch kam das Dampfhammergeschäft sehr in Flor und nahm noch viel gröfsere Dimensionen an, nachdem Nasmyth auch seine auf demselben Princip beruhende Dampframme erfunden hatte.

Nasmyth hatte bald nach Erlangung seines englischen Patents in Gemeinschaft mit S. M. Merrick von Philadelphia ein Patent in den Vereinigten Staaten genommen, das ihm ebenfalls grofse Erträgnisse abwarf.

Digitized by Google

Der geniale Mann hörte nicht auf, die Technik durch neue Erfindungen zu bereichern. Unter denen, welche die Eisenindustrie unmittelbar betreffen, nennen wir seinen V-Amboſs zum Schmieden runder Wellen, 1845 (Fig. 218), seine hydraulischen Preſsstanzen zum Ausstanzen groſser Löcher in Träger und Bleche (1848) und seine Erfindung des Dampfpuddelns 1854, welches ein Vorläufer des Bessemerprozesses war.

Aber nicht allein in der Mechanik leistete Nasmyth neues und groſses. Sein vielseitiger, dem Schönen und Erhabenen zugewendeter Geist bekundete sich auch auf anderen Gebieten, wie auf dem der Malerei und Astronomie. Er führte namentlich die siderische Photographie ein und brachte hierin Hervorragendes zuwege. So genoſs er, nachdem er sich 1856 vom Geschäft zurückgezogen hatte, noch eine lange Reihe glücklicher und segensreicher Jahre, bis er am 7. Mai 1890 in seinem 90. Lebensjahre starb.

Fig. 218.

Nachdem die Idee des Dampfhammers einmal angeregt war, beschäftigten sich viele Mechaniker damit; am frühesten nach Nasmyth selbst W. Dorning auf der Marienhütte bei Zwickau. Er hatte schon in einem Lieferungsvertrage, den er am 10. Dezember 1841 mit der sächsischen Eisenkompanie abgeschlossen hatte, die Zeichnungen zu einem Dampfhammer eingereicht. Am 13. Januar 1843 kam dieser erste Dampfhammer in Deutschland in Betrieb, dem dann bald der zweite folgte; der eine diente als Puddlingshammer, also zum Zängen der Luppen, der andere als Schweiſshammer, zum Schmieden der Schweiſspakete. Die Hämmer arbeiteten gut. Dorning kannte vermutlich Nasmyths Entwurf, die Ausführung war aber sein alleiniges Verdienst.

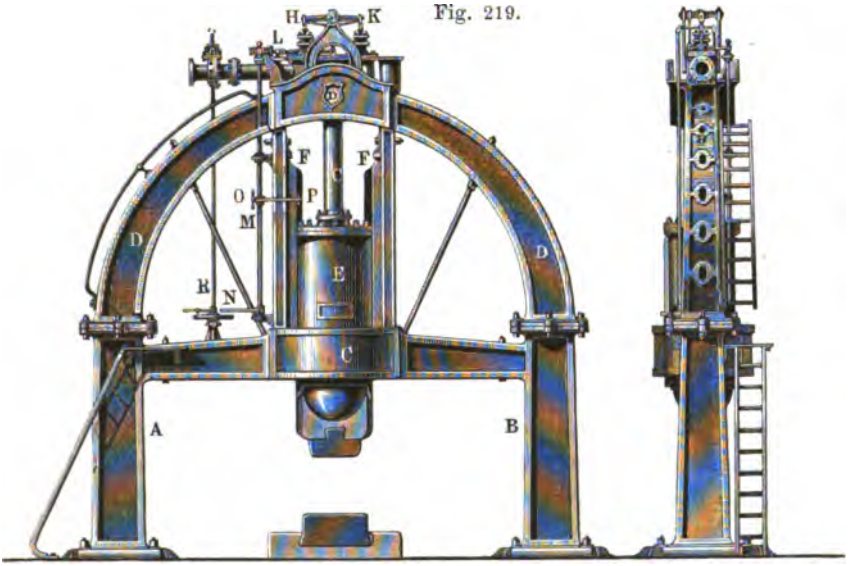
Als eine wesentlich neue Konstruktion ist John Condies Dampfhammer von 1846 anzusehen (Patent Nr. 11411 vom 15. Oktober). Bei dem Condie-Hammer, Fig. 219, steht der Dampfkolben fest und der Cylinder ist beweglich. Derselbe ist mit dem Hammer direkt verbunden und wirkt mit seinem Metallgewicht als Hammerklotz. Der Dampf tritt hierbei über dem Kolben ein und hebt den Cylinder und Hammer in die Höhe. Der Dampf tritt durch die hohle Kolbenstange in den Cylinder. Die Kolbenstange besteht nämlich aus zwei konzentrischen Röhren, deren äuſsere die Dampfleitung

Digitized by Google

bildet, während die innere den Kolben trägt. An dem mittleren Teil des bogenförmigen Gerüstes sind die Dampfventile und die Kolbenstange befestigt. Die Einlafs- und Ausblaseventile *HK* sind an einem gleicharmigen Hebel befestigt, welcher von der Vertikalwelle *M* aus bewegt wird, was entweder mechanisch durch den Arm *O*, oder mit der Hand durch den Hebel *P* geschieht.

Die dicken Kolbenstangen der Condie-Hämmer, welche durch Kugelgelenk mit dem Gewölbstück verbunden sind, haben den Vorteil der gröfseren Stabilität, dagegen ist die Liderung schwieriger zu erhalten. Auch haben die Condie-Hämmer den Nachteil, dafs Reparaturen daran schwieriger auszuführen sind. Dies hat dieser

Fig. 219.



sonst in vieler Hinsicht für schwere Schmiedearbeit zweckmäfsigen Konstruktion nicht die Verbreitung gegeben, wie den Nasmyth-Hämmern.

Wirkliche oder angebliche Verbesserungen an den Dampfhämmern wurden in dieser Periode erfunden von Cavé in Paris, der zuerst den Dampfcylinder oben schlofs und mit einem Sicherheitsventil versah, von Petin und Gaudet in Rive de Gier[1]), ferner von Wilson (Patent vom 26. Juni 1847) und von Nasmyth und Gaskell (Patent vom 23. Februar 1848).

Borsig in Berlin baute 1845 bereits seinen ersten Dampfhammer.

[1]) Hartmann, Die Fortschritte der Eisenkunde, S. 727 etc.; Berg- u. hüttenmänn. Ztg. 14. März 1849; Armengaud, Publ. industr. 1846, VI, 357.

Digitized by Google

Einen verbesserten Stempelhammer führte Schmerber 1849 auf der Hütte zu Tagolsheim im Elsafs aus.

Die Hauptarbeit der Formgebung des Schweifseisens geschah aber durch die Walzwerke. Seitdem Henry Cort in seinem Patent von 1782 bereits die Verarbeitung des Luppeneisens unter gefurchten Walzen (Bd. III, S. 687) bekannt gemacht hatte, entwickelte sich die Walzkunst mehr und mehr. Es geschah dies in Verbindung mit dem Puddelbetrieb vornehmlich in England. Einen weiteren Aufschwung erfuhr die Walzkunst durch die Einführung gewalzter Eisenbahnschienen, welche 1820 von John Birkinshaw eingeführt wurden. Mit der Einführung des englischen Puddelbetriebes in die Industrieländer des Kontinents kamen auch in diesen die Walzwerke zu allgemeinerer Anwendung. Mit dem Betriebe übernahm man von England eine Summe praktischer Erfahrungen, welche von den theoretisch gebildeten Eisenhüttenleuten Deutschlands, Frankreichs und Belgiens auf ihre wissenschaftliche Begründung untersucht und in Grundsätze und Formeln gefafst wurden; es geschah dies besonders von Karsten[1]) in Deutschland, von Le Blanc[2]) und Flachat[3]) in Frankreich und von Valerius[4]) in Belgien. Die wichtigsten dieser Grundsätze wollen wir nach den angeführten Schriftstellern kurz zusammenstellen. Der Puddelprozefs lieferte keine fertige Ware, sondern nur den Rohstoff für den Schweifsofen, in dem die Pakete geschweifst wurden, um dann zu Zwischen- oder Fertigprodukten ausgewalzt zu werden. Danach zerfiel der Walzprozefs in das Luppen- oder Puddlingswalzen und in das Auswalzen auf Grobeisen, Stabeisen und Formeisen. Auf den Feineisen-, Bandeisen- und Blechwalzwerken wurden besondere Eisensorten meist aus vorgewalztem Grobeisen hergestellt.

Sowohl die Luppen- als die Grobeisenwalzenstrafsen bestanden aus zwei Walzengerüsten mit je zwei Walzen. Das erste Walzenpaar oder Gerüst diente zur Vorbereitung, das zweite zur Vollendung, man unterschied hiernach Vorwalzen und Fertigwalzen, oder, da erstere das Ausrecken oder Strecken, das letztere das Fertigmachen oder Schlichten zu besorgen hatte, Streckwalzen und Schlichtwalzen. Die Walzen lagerten in Walzengerüsten, die aus zwei starken, gufseisernen Ständern bestanden — Pilarengerüste (S. 260) galten als veraltet.

---

[1]) Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. IV, §. 860 und Bd. V, S. 340 etc.

[2]) Le Blanc und Walter, a. a. O., II, S. 90.

[3]) Flachat, Barrault et Petiet, Fabrication du fer.

[4]) Valerius, Stabeisenfabrikation, S. 301.

Digitized by Google

Die Ständer ruhten auf gufseisernen Sohlplatten, die meist noch auf einem hölzernen Unterbau, dem „Sohlwerk", befestigt waren. Dieses Sohlwerk bestand aus zwei unter der Hüttensohle aufgeführten parallelen und senkrechten Holzwänden von starkem Eichenholz, welche auf fester Unterlage aufstanden und von gemauerten Wänden umgeben waren (vgl. Karsten, Taf. 53, Fig. 13 bis 15). Dieser Holzunterbau sollte vor dem massiven Fundament den Vorzug haben, dafs durch seine Elasticität Brüche vermieden würden, ausreichende Stabilität vorausgesetzt. Der Antrieb der Walzen erfolgte in England bereits allgemein durch Dampfmaschinen. Auf dem Kontinent behalf man sich bei den älteren Werken, wo man den Puddelbetrieb einführte, noch mit den alten Wasserrädern, auf den neu erbauten Puddel- und Walzwerken ging man dagegen ebenfalls nach englischem Vorbilde zu Dampfmaschinenbetrieb über. Die alten Wasserkraftanlagen waren durchgehends unzulänglich für einen Massenbetrieb, wie er mehr und mehr, besonders seit der Einführung der Schienenfabrikation, von den Walzwerken verlangt wurde. Der Wasserradbetrieb gestattete, weil er bis dahin nur auf verhältnismäfsig geringe Kraftleistung eingerichtet war, nur eine beschränkte Produktion, und um nur diese zu erzielen, mufsten schon mancherlei Notbehelfe herhalten. Dazu kam noch, dafs die alten Hammerhütten mit Walzbetrieb eng gebaut und meistens so angelegt waren, dafs sie auch räumlich einen sachgemäfsen Grofsbetrieb gar nicht gestatteten. Um trotzdem die Wasserkraft für den Walzbetrieb auszunutzen, kam man dann zu Auskunftsmitteln, die nur als solche ein geschichtliches Interesse beanspruchen. Dahin gehört das Auswalzen der Luppen in einem Gerüst, wobei man die Vor- und Fertigkaliber auf ein Walzenpaar vereinigte. Dadurch sparte man Raum und Kraft, aber auf Kosten der Leistung und Sicherheit. Deshalb wurde diese Anordnung in den 40er Jahren im Princip auch durchaus verworfen. Ein anderer, bei den Walzwerken mit Wasserbetrieb häufiger Notbehelf bestand darin, dafs man Luppenwalzen, Stab- und Blechwalzen nicht gleichzeitig, sondern wegen Mangel an Kraft oder Raum nacheinander betrieb, indem man zu diesem Zweck in dasselbe Gerüst einmal Luppenwalzen, dann Stabeisenwalzen, dann Blechwalzen einlegte. Wo man Dampfmaschinenbetrieb einführte, geschah dies nicht, vielmehr sah man eine genügende Kraftleistung vor, um diese Betriebe zweckentsprechend gleichzeitig führen zu können, was aber meist mehr als 100 Pferdekräfte erforderte. Hatte eine Wasserkraftanlage eine nutzbare Betriebsleistung von 10 bis 12 Pferdekräften, so konnte sie mit Not ein Luppeneisenwalzwerk

Digitized by Google

betreiben, dagegen eine Stabeisenwalze nur im Wechselbetriebe, nicht gleichzeitig. Ein gewöhnliches Blechwalzwerk verlangte 15 bis

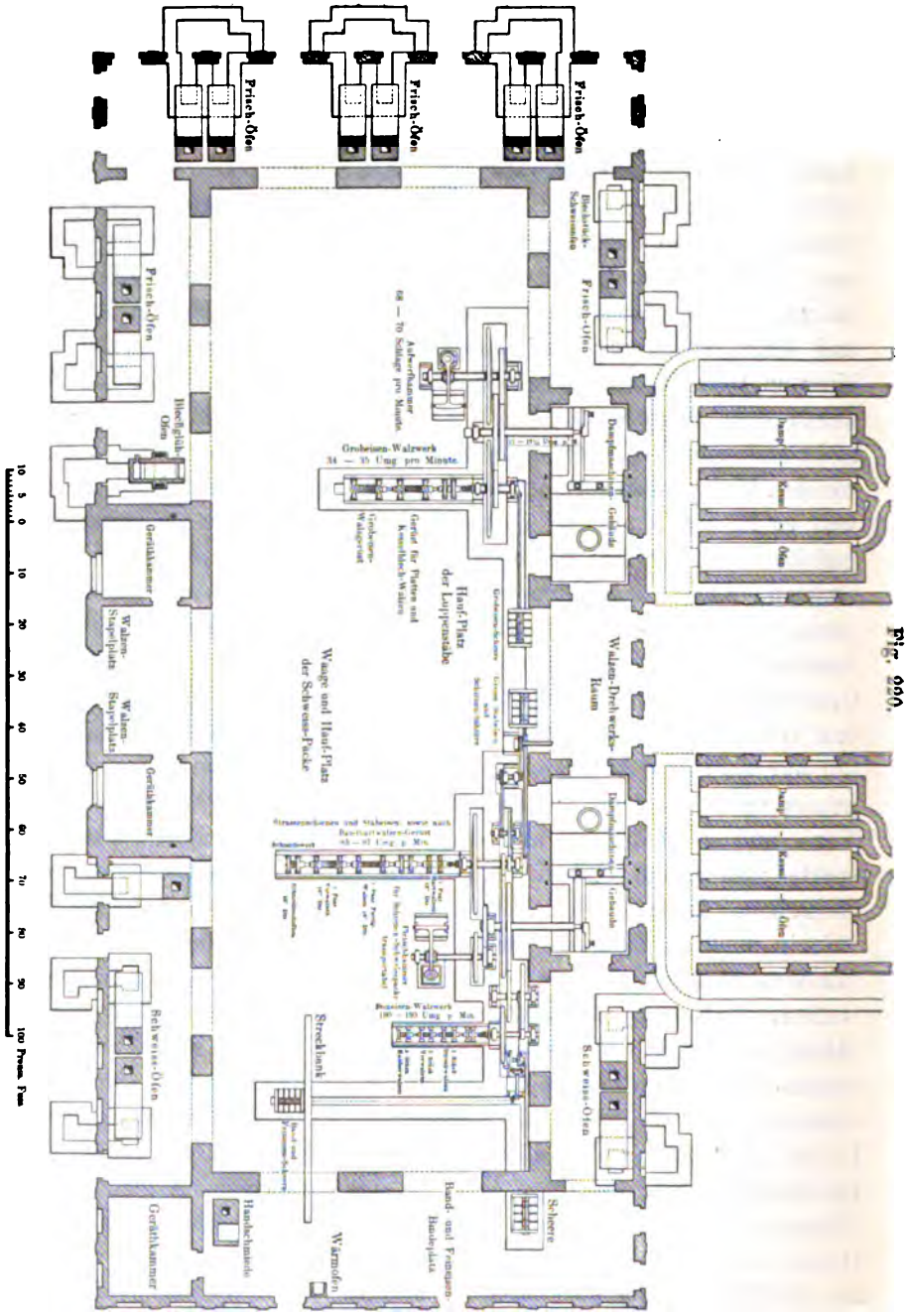


Fig. 220.

Digitized by Google

16 Pferdekräfte. Waren diese vorhanden, so konnte man ein Blechwalzwerk, aber auch nur im Wechselbetriebe, mit der Luppenstrafse betreiben.

Über diese Kraftleistungen gingen aber die Einrichtungen der alten Hammerhütten meist nicht hinaus, und danach mufsten sich die Anlagen der Walzhütten richten. Von einem Wasserrad aus alles betreiben zu wollen, war sehr unvorteilhaft, namentlich mufste der Stirnhammer sein besonderes Rad haben.

Die Stellung der Walzenstrafsen war vornehmlich durch die Kraftmaschine bedingt. Bei Wasserradbetrieb stellte man in der Regel die Walzwerksgerüste nebeneinander, bei Dampfmaschinenbetrieb hintereinander, wobei man den Abstand der Strafsen grofs genug machte, um den gleichzeitigen Betrieb der benachbarten Strafsen zu gestatten. Als Muster für die Anordnung der Öfen, Walzen und Hülfswerkzeuge eines Puddel- und Walzwerkes mit Dampfmaschinenbetrieb zu Ende der 30er Jahre zeigt Fig. 220 den Grundrifs der Alvenslebenhütte in Oberschlesien[1]) nach Karsten. Fig. 221 (S. 607) giebt den Aufrifs der Walzhütte zu Couillet nach Valerius, aus der besonders auch die Fundamentierung zu ersehen ist; Grundrisse von Walzhütten finden sich ferner in Valerius' Stabeisen: Taf. II, Montigny sur Sambre und in dem 2. Ergänzungsheft, Taf. I, der Plan der Ende der 40er Jahre neu erbauten Puddel- und Walzhütte zu Seraing. Flachat, Barrault et Petiet haben eine Reihe von Walzwerksplänen veröffentlicht, nämlich die der französischen Werke Alais, Decazeville, Creusot, Vierzon, Abainville, sodann Jamaille und Moyeuvre, die zu Hayange gehörten, und Meire, die drei letzteren mit Wasserbetrieb; ferner die belgischen Werke Zône, Namur (laminoir du Baron d'Yve), Monceau sur Sambre, Couillet, Seraing und Acoz.

Wir entnehmen Karstens Beschreibung der Alvenslebenhütte, Fig. 220, die umstehenden Angaben, welche über den Kraftverbrauch und die Leistung der Arbeitsmaschinen eines Walzwerkes Auskunft geben.

Die ganze erforderliche Betriebskraft würde hiernach $107\frac{1}{2}$ bis $111\frac{1}{2}$ Pferdekräfte betragen. In der Alvenslebenhütte wurde die Betriebskraft von zwei Dampfmaschinen, eine von 60 und eine von 80 Pferdekräften, geliefert.

---

[1]) Aus Karstens Eisenhüttenkunde, Taf. LV, der erläuternde Text dazu findet sich Bd. V, S. 381 bis 391.

Digitized by Google

Arbeitsmaschine	Betriebskraft HP	Bewegung pro Minute	Leistung
80 Ctr.-Stirnhammer . . .	18 bis 20	70 bis 75 Schläge	für 10 Puddelöfen
Luppenwalzwerk	10 „ 12	30 Umgänge	für 10 Puddelöfen
Grobeisenwalzwerk	9 „ 10	30	75 Tonnen Grobeisen wöchentlich
Kleineisenwalzwerk	5 „ 6	80 bis 90	40 bis 55 Tonnen Kleineisen
Feineisenwalzwerk . . . . (Trio mit drei Gerüsten)	5 „ 6	180 „ 200	10 „ 17½ „ Feineisen
Bandeisenwalzwerk	6 „ 7	75 „ 80	25 „ 30 „ Bandeisen
Schneidewerk	4 „ 5	75 „ 80	40 Tonnen Schmiedeeisen
Eisenbahnschienenwalzwerk	14 „ 16	75 „ 80	?
Schwarzblechwalzwerk . .	15 „ 16	25	?
Kesselblechwalzwerk . . .	19 „ 20	—	—
Starke Schere	2 „ 2½	—	—
Leichte Schere	½ „ 1	—	—

Für die richtige Ausnutzung der gegebenen Kraft, ob Wasser- oder Dampfkraft, gehörte, da die momentane Kraftleistung oft eine grofse war, ein Kraftspeicher, der als Schwungrad zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine eingeschaltet wurde. Bei dem Wasserradbetrieb wirkte das Wasserrad selbst im Sinne eines Kraftsammlers mit, deshalb brauchte hier das Schwungrad nicht so grofs zu sein, wie bei dem Dampfmaschinenbetrieb. Über Gröfse und Schwere der Schwungräder gab es noch keine klaren Grundsätze. Die Schwungradwelle wurde mit den Walzen durch Kuppelungen verbunden. Die unmittelbare Verbindung der Antriebwelle mit den Walzenzapfen war gefährlich, weil eine kleine Abweichung von der Mittellinie beider leicht einen Bruch veranlafste, und weil ein Bruch sowohl des Walzenzapfens als der Antriebwelle eine sehr nachteilige Betriebsstörung zur Folge haben müfste. Deshalb schaltete man zwischen Kraft- und Arbeitswelle noch eine Kupplungswelle ein, die man mit beiden verband. Indem man diese Kupplungswelle etwas schwächer machte als die zu verbindenden Teile, konnte man im Falle übermäfsiger Inanspruchnahme darauf rechnen, dafs dieses Verbindungsstück, welches ohne grofse Mühe und Kosten ausgewechselt werden konnte, zuerst brach. Die Konstruktion der Verbindungen selbst, die eigentliche Kupplung, war aber eine sehr wichtige Sache, und bediente man sich je nach dem Falle sehr verschiedener Konstruktionen. Von den gewöhnlichen, aus einem Stück gegossenen Kupplungsmuffen hatten sich die aufsen cylindrischen, innen mit einem kreuzförmigen,

Digitized by Google

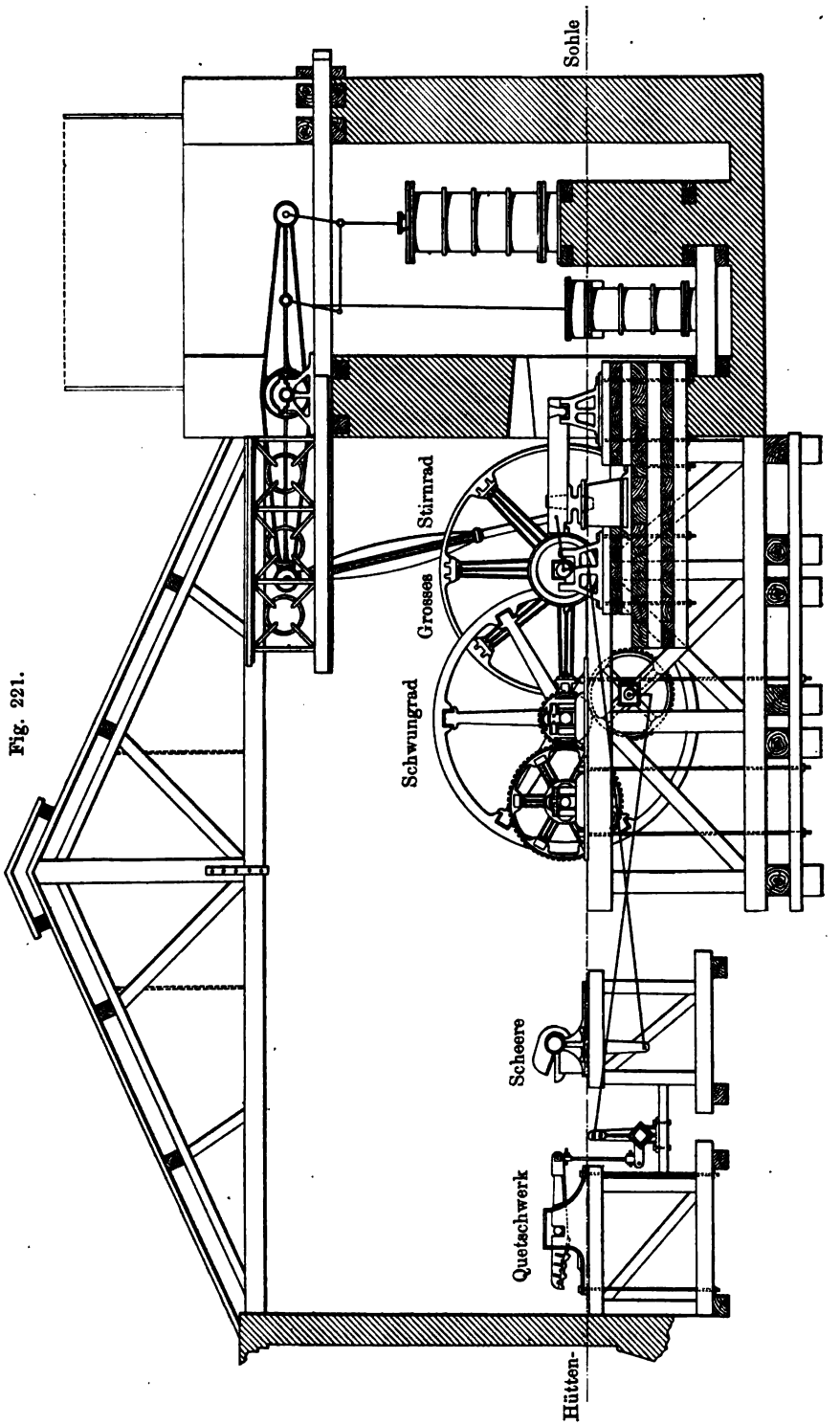


Fig. 221.

Digitized by Google

aber mit abgerundeten Ecken versehenen Hohlräume schon früher (Fig. 81, S. 262) als besonders zweckmäfsig bewährt. Die seitliche Verschiebung dieser Muffen wurde dadurch vermieden, dafs man den Hohlraum in der Mitte absetzte, so dafs die nach innen, d. h. nach der Kupplungswelle zu gelegene Hälfte weiter war. Die Verschiebung nach innen verhinderte man durch Keile oder Vorstecker oder in der in Fig. 222 gezeichneten Weise. Hier sind die zwei Wellen *f* und *g* durch die zwei Muffen *c* und die Kupplungswelle *a* verbunden. Die Kupplungswelle *a* hat den rosettenförmigen Quer-

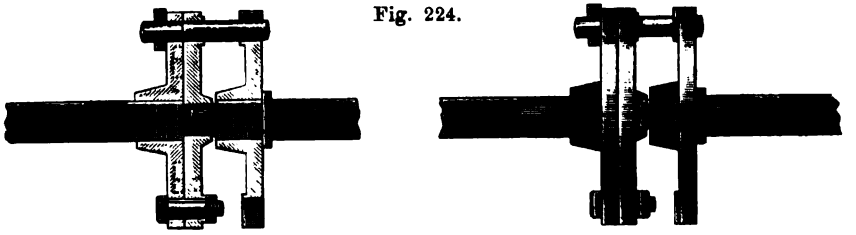
Fig. 222.

Fig. 223.

schnitt Fig. 223, der mit dem Hohlraum der Muffe übereinstimmt. Eine Verschiebung der Muffe nach innen wird durch die in die Vertiefungen der Kupplungswellen eingelegten runden Eisenstäbe *C*, welche gerade zwischen die Muffen passen und mit Riemen oder Seilen *b* festgebunden sind, verhindert.

Zur Verbindung der Schwungradwelle mit der Zwischenwelle wendete man häufig Scheibenkupplungen an, die meist aus zwei starken eisernen Scheiben, die durch Schrauben verbunden waren, bestanden. Auf der Rybnicker Hütte war die Scheibenkupplung zwischen Schwung-

Fig. 224.



radwelle und der Zwischenwelle des Stabeisenwalzwerkes aus drei Scheiben zusammengesetzt, wie es Fig. 224 zeigt.

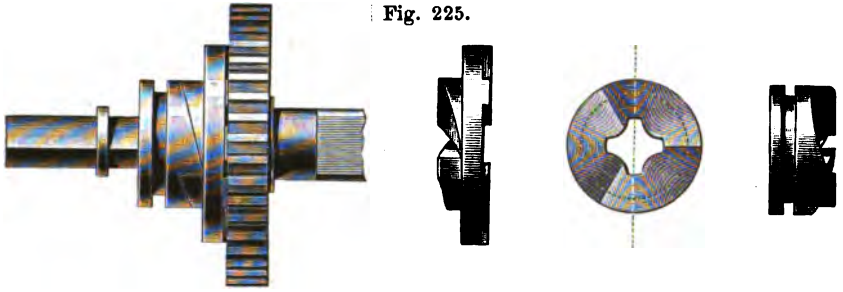
Die Schraubenverbindung der Scheibenkupplung liefs sich leichter lösen, als die der massiven Kupplungsmuffen. Noch leichter liefs sich die ebenfalls in Rybnick angewendete Kupplung mit Klauenmuffen, wie sie in Fig. 225 dargestellt ist, mittels eines Hebels bewerkstelligen. Von der früher häufig angewendeten Konstruktion, die Zwischenwelle mit dem Kupplungsgetriebe und der Muffe, mit der der Zapfenkopf der Walze verbunden war, in einem Stück zu gieifsen, war man

Digitized by Google

abgekommen, weil dadurch häufig Brüche entstanden waren; man lagerte vielmehr die Kupplungsgetriebe zwischen zwei besonderen Kupplungsständern (Fig. 226).

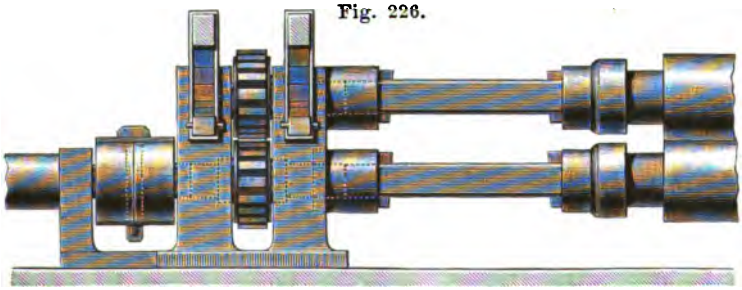
Die Walzenzapfen liefen in Lagern, die in den Ständern ruhten. Die Ständer goſs man mit der Sohlplatte und dem Sattel aus einem Stück, nur bei den Ständern der Feineisenwalzwerke wendete man bewegliche Kappen als Sättel an, um die Walzen schneller auswechseln

Fig. 225.



zu können. Die Ständer muſsten mit dem Sohlwerk fest verbunden sein, doch legte man Wert darauf, sie seitlich verschiebbar zu machen, um je nach Bedarf kürzere oder längere Walzen einlegen zu können. Bei der Luppenstraſse war dies zwar nicht nötig, wohl aber bei den Stabeisenwalzen, weil man die verschiedensten Sorten auf derselben Straſse walzen wollte und dafür längere oder kürzere Walzen einlegen muſste; ebenso bei der Anfertigung von Feineisen und bei den

Fig. 226.



Feineisenwalzwerken, ganz besonders aber bei den Blechwalzwerken, wo man für jede Dimension die entsprechend langen Walzen einlegte. Auf die Verschiebung der Ständer muſste deshalb bei der Fundamentierung Rücksicht genommen werden. Das Lager der unteren Walze ruhte auf der Sohlplatte. Die obere Walze lag in zwei Zapfenlagern, von denen das untere die Oberwalze trug, während das obere durch Schrauben oder Keile auf den Walzenzapfen drückte. Das untere Lager der Oberwalze muſste selbst wieder getragen werden,

Digitized by Google

um die obere Walze in der richtigen Lage zu erhalten, wenn sie beim Durchgang des Eisens etwas gehoben wurde.

Bei den Blechwalzen, die meist Schleppwalzen waren, trat dieses Heben und Zurückfallen immer und in viel stärkerem Maſse ein. Es konnte durch die Stellschrauben reguliert werden; um aber die Stärke des Stoſses beim Niederfallen abzuschwächen und dadurch Brüche zu vermeiden, wurden Gegengewichte angebracht, welche die unteren Zapfenlager der Oberwalze trugen. Die Walzenzapfen liefen in kupfernen Lagerpfannen; ebenso bewegten sich die Stellschrauben der Blechwalzwerke in Messingmuttern.

Die Konstruktion der Walzen war von groſser Wichtigkeit, besonders war bei den gefurchten Walzen die Gestalt und das Abnahmeverhältnis der Furchen oder Kaliber von gröſster Bedeutung. Über diese, die sogenannte Kalibrierung der Walzen, lagen langjährige Erfahrungen und daraus abgeleitete Grundsätze vor. Sie richtete sich nach der Aufgabe und Leistung der verschiedenen Walzensysteme.

Die Luppenwalzen sollen die Luppen drücken und zu flachen Luppenstäben ausrecken. In dem ersten Gerüst, welches die Vor- und Streckwalzen enthält, erfolgt das Drücken oder Auspressen der Schlacke und das Strecken in viereckige Kolben oder grobe Quadratstäbe, in dem zweiten Gerüst werden diese Kolben oder Quadratstäbe von den Schlicht- oder Flachwalzen zu Luppenstäben (mill-bars) ausgereckt. Diese Luppenstäbe sind kein Endprodukt, sondern ein Zwischenprodukt. Sie werden in Stücke geschnitten, aus denen die Schweiſspakete für die Weiterverarbeitung in der Grobeisenstraſse hergestellt werden. Nur in seltenen Fällen bei vorzüglichem Eisen können die Luppenstäbe als Endprodukt, als Stangeneisen, verwendet werden.

Die Versuche, sämtliche Kaliber auf einem Walzenpaar zu vereinigen und dadurch das Vorwalzen und Strecken auf einem Gerüst zu vollenden, hatten sich nicht bewährt, weil diese langen Walzen sehr leicht brachen. Man konnte zwar die Luppe direkt in das gröſste Kaliber der Walze einführen und dadurch das Zängen allein zwischen den Walzen ausführen; in England hatte sich aber die bessere Praxis ausgebildet, die erste Behandlung der Luppe, das Drücken und Zängen, wobei schon der gröſste Teil der Schlacke ausgepreſst wurde, unter einem etwa 80 Ctr. schweren Stirnhammer vorzunehmen und die vorgeschmiedeten Klötze bereits in das vierte Kaliber der Vorwalzen einzuführen.

Die Vorwalzen, die gewöhnlich 1050 mm lang und 470 mm

Digitized by Google

stark waren, je 1400 kg wogen und ca. 30 Umgänge in der Minute machten, hatten sieben Einschnitte. Die korrespondierenden Einschnitte der zwei symmetrischen Walzen, Fig. 227, bildeten viereckige, offene Kaliber, deren Diagonalen senkrecht standen. Die Seiten dieser Vierkantkaliber waren nicht gerade Linien, sondern Kreisbogen. Der Konstruktion der Kaliber lagen Kreise zu Grunde, nach deren Durchmesser man die Gröfse der Furchung und die Abnahme derselben angab. Die damals bei den Luppenstreckwalzen gebräuchlichen Mafse der sieben aufeinander folgenden Kaliber waren nach Karsten die folgenden: 190, 157, 131, 111, 99, 86 und 75 mm Durchmesser. In der Regel wählte man bei den Luppenwalzen ein Abnahmeverhältnis von 10 zu 14; nahm man es 10 zu 16, so liefs man das Eisen zweimal durch dasselbe Kaliber gehen, indem man es beim zweiten Durchwalzen um 90° drehte. Die Grundform bildete ein verschobenes Viereck, dessen senkrechte Diagonale gröfser war. Die Konstruktion geschah nach Fig. 228 in der folgenden Weise. Von dem Mittelpunkt a aus zieht man mit der halben Länge des oben angegebenen Durchmessers für das betreffende Kaliber einen Kreis, wodurch man auf der horizontalen Diagonale die beiden Schnittpunkte $b\,c$ erhält. Diese Länge wird in vier gleiche Teile geteilt, beziehungsweise der Radius in d und e halbiert. Man beschreibt nun mit $^3/_4$ des Durchmessers, oder mit den Längen $b\,e = c\,d$ von d und e aus die Bogen g und h, welche in f die senkrechte Diagonale schneiden. Man teilt dann $a\,f$ in vier gleiche Teile, schneidet von b und c aus mit $^1/_4$ $a\,f$ die Bogenstücke $b\,n$, $c\,m$ ab, verlängert von b und c aus die horizontale Diagonale um die Hälfte dieser Länge, also um $^1/_8$ $a\,f$, wodurch man die Punkte o und p erhält, diese verbindet man mit m und n durch Kreisbogen von dem halben Kaliberdurchmesser ($a\,b$, $a\,c$). So erhält man das gewünschte Spitzbogenkaliber (ogives). Die verdrückte Gestalt derselben trug zum Quetschen und Reinigen, sowie zur Beschleunigung der Walzarbeit wesentlich bei. Die Vorwalzen wurden nicht abgedreht, sondern roh gelassen,

Fig. 227.

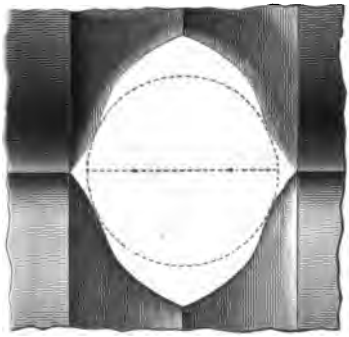
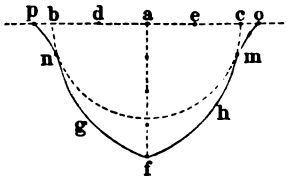


Fig. 228.



Digitized by Google

um mit ihrer rauhen Oberfläche das Eisen besser zu fassen. Man beförderte dies bei den drei ersten gröfsten Kalibern noch dadurch, dafs man mit einem Meifsel Einschnitte einhieb.

Die Luppenflachwalzen, Fig. 229, waren so konstruiert, dafs die Flachkaliber ganz in die Unterwalze eingesenkt waren und durch entsprechende Ringe der Oberwalze geschlossen waren. Die Walzen waren ab- und eingedreht. Die Länge des Walzenkörpers betrug 680 mm, der gröfste Durchmesser der oberen Walze 418 mm, der der unteren 523 mm. Die Durchmesser der Rippen der Oberwalzen entsprachen denen der Furchen der Unterwalzen, nur machte man die der Oberwalze um eine Kleinigkeit ($1^1/_2$ mm) stärker, wodurch verhindert wurde, dafs die Stäbe sich beim Durchgang aufwärts krümmten und sich um die Walzen wickelten.

Fig. 229.

Der dicke Quadratstab von 75 mm Kaliberdurchmesser, wie er aus der Vorwalze kommt, wird dann auf der Flachwalze zu Luppenstäben von 78 mm Breite und 20 mm Höhe geformt. Die Kaliber nehmen also hauptsächlich in der Höhe ab, in der Breite aber um ein geringes zu. Dadurch wird die Walzarbeit rascher gefördert, als wenn man die Kaliber nur in der Höhe abnehmen lassen würde. Über das Abnahmeverhältnis der sechs Kaliber der Luppenflachwalzen verweisen wir auf Karstens Angaben (Eisenhüttenkunde, Bd. V, S. 347). Im allgemeinen galt es als Regel, dafs die Abnahme höchstens das 0,09fache der vorigen Stärke betragen sollte.

Flachat teilt die nachfolgenden Mafse eines französischen Luppenwalzwerkes, dessen Streckwalzen neun und dessen Flachwalzen acht Furchen hatten, mit. Es war zur unmittelbaren Aufnahme der Luppen eingerichtet, weshalb das erste Kaliber aus zwei gleichen Kreisbögen bestand, ferner war unter den Spitzbogenkalibern ein elliptisches eingeschaltet, um das Eisen für breite Stäbe abplatten zu können.

Streckwalzen	Breite	190	160	130	130	110	95	80	70	58 mm
	Stärke	160	130	82	110	95	80	70	65	58 „

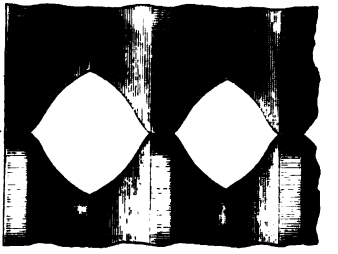
Digitized by Google

Flachwalzen	Breite	52	54	76	78	81	125	122	118	mm
	Stärke	32	20	46	30	20	20	30	46	„

Die Ringe der Oberwalzen griffen 20 mm in die Furchen der Unterwalzen ein. War das Eisen von besonderer Güte, oder sehr warm, so konnte man zuweilen ein Kaliber überspringen, wie ja die Kalibrierung selbst durch diese Vorbedingungen beeinflufst war.

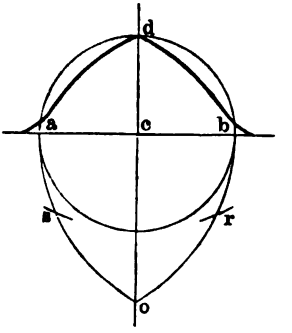
Zum Überheben des Eisens über die Oberwalze diente ein Haken mit Hebel (aviot), der an einer Kette hing. Diese war oben an einer Rolle befestigt, welche auf einer am Dachstuhl angebrachten horizontalen Schiene lief.

Fig. 230.



Nachdem die mittels einer Schere zerschnittenen Luppenstäbe zu Paketen zusammengebunden in einem Schweifsofen geschweifst worden waren, gelangten sie unter die Grobeisenwalzenstrafse (trains marchands), die ebenfalls aus zwei Gerüsten mit je zwei Walzen bestand (s. Fig. 83, 84, S. 265). Da auf dieser Strafse fertiges Stabeisen gewalzt wurde, so waren die Walzen sorgfältig abgedreht. Die Kaliber der Vor- und Streckwalzen hatten die Form aufrecht stehender Quadrate mit gekrümmten Seitenflächen und spitzbogenförmigen Ecken, Fig. 230. Für diese hatten Coste und Perdonnet schon 1829 eine in England gebräuchliche einfache Konstruktion (Fig. 231) angegeben. Wenn ab den Durchmesser des Kalibers darstellt, so errichtet man aus der Mitte die Senkrechte $cd = \frac{ab}{2}$, beschreibt aus a und b mit ab als Halbmesser die Bogen ao und bo, aus dem Punkte d mit demselben die Schnittbogen s und r und aus diesen Schnittpunkten mit demselben Radius die Bogen ad und bd, welche dann das Profil der oberen Kaliberhälfte bilden. In gleicher Weise reifst man dann die untere Hälfte auf, stumpft die Spitzen oben und unten etwas ab, während man sie bei b und d etwas zuspitzt. Karsten teilt eine andere Konstruktion mit, auf die wir verweisen [1]).

Fig. 231.



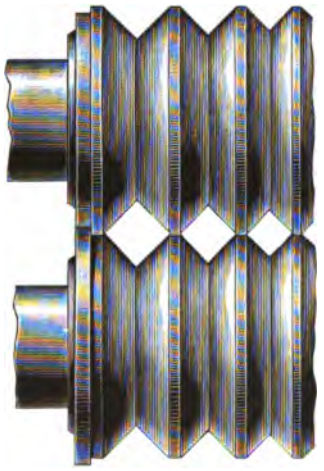
In der Regel machte man den senkrechten Durchmesser kürzer

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde, Bd. V, S. 349, Taf. 53, Fig. 6.

Digitized by Google

als den wagerechten. Zwischen den Kalibern liefs man einen Zwischenraum von 8 bis 12 mm. Die Streckwalzen waren 1,255 bis 1,360 m lang und 471 mm dick, und wog jede Walze etwa 1600 kg, und machten 75 bis 85 Umdrehungen in der Minute. Die Anzahl der Kaliber war unbestimmt und richtete sich nach den Dimensionen des zu fertigenden Stabeisens. Das Abnahmeverhältnis der Kaliber war von grofser Wichtigkeit für die Walzarbeit. Karsten teilt eine Skala von 13 Kalibern, die von 172 bis 33 mm Kreisdurchmesser hatten, mit, die durchschnittliche Abnahme betrug demnach 11,6 mm. Es war zweckmäfsig, nach dem dritten oder vierten quadratischen Kaliber ein elliptisches Kaliber einzuschalten, wodurch das Auspressen der Schlacke befördert wurde. Auch hier waren die gröfsten Einschnitte durch Meifselhiebe künstlich rauh gemacht.

Fig. 232.



Die Vollend- oder Schlichtwalzen des Grobeisenwalzwerkes waren entweder mit Kalibern für Quadrateisen, Flacheisen oder Rundeisen versehen. Bei den Walzen für Quadrateisen, Fig. 232, und Rundeisen befanden sich die Einschnitte in beiden symmetrischen Walzen, die genau korrespondieren, deshalb sorgfältig abgedreht sein mufsten, gleichmäfsig verteilt. Bei den Walzen für Flacheisen waren die Kaliber immer in die Unterwalzen eingeschnitten (Matrizen), in welche die Rippen (Patrizen) der Oberwalzen genau pafsten. Man gab diesen Kalibern die gleiche Breite, aber abnehmende Höhe. Die Walzen für gröbere Sorten Quadrateisen waren 680 mm lang und 418 mm dick, wobei man bei der Oberwalze $1^1/_2$ mm zugab. Das Gewicht einer Walze betrug ca. 950 kg. Bei Schlichtwalzen für Quadrateisen, das von 46 mm auf 26 mm in elf Kalibern gewalzt wurde, betrug die Abnahme der Diagonalen, wonach man die Kaliber bestimmte, von 65 mm auf 36 mm, also 2,9 mm im Durchschnitt; dieselbe war aber selbstverständlich nicht gleich verteilt, sondern betrug bei den ersten Kalibern 6,5 mm, bei den letzten 1,6 mm [1]). Ganz ähnlich waren die Walzen und deren Kalibrierung für grobes Rundeisen [2]).

---

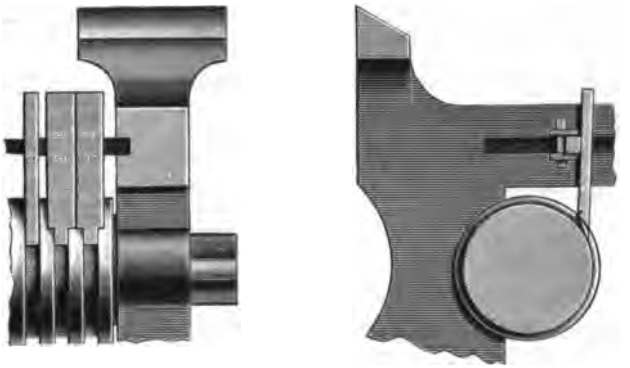
[1]) Karsten, a. a. O., V, 350.
[2]) A. a. O., V, 353.

Digitized by Google

Ein Walzenpaar erhielt gewöhnlich die Kaliber für zwei oder drei Eisensorten. Zur Abkühlung der Walzen und Walzenzapfen war ein Wasserzufluſs erforderlich. Das Wasser gab den Stäben zugleich eine schöne blaue Farbe.

Bei den Feineisenwalzwerken lagen drei Walzen übereinander (Fig. 79, S. 262), um vorwärts und rückwärts walzen zu können und dadurch das zeitraubende Überheben zu vermeiden und das Eisen in einer Hitze fertig zu machen. Diese Walzen waren dünn und drehten sich rasch, was nötig war, um das dünne Eisen, das schnell erkaltete, in einer Hitze auszurecken. Man versah die Ständer der Feinwalzengerüste gern mit beweglichen Sätteln, um die Walzen rascher auswechseln zu können. In der Regel hatte auch die Feineisenstraſse

Fig. 233.



zwei Walzengerüste zum Vor- und Fertigwalzen. Feinere, flache Stabeisensorten erhielten ihre Vollendung in polierten Glattwalzen. Als Feineisen bezeichnete man:

1. feines Bandeisen, 78 bis 13 mm breit, 2 bis 1,6 mm stark,
2. feines Quadrateisen von 11,2 bis 6,5 qmm,
3. feines Rundeisen von 11,2 bis 6,5 mm Durchmesser.

Quadrateisen von weniger als 6,5 qmm wurde nicht mehr gewalzt, sondern aus Bandeisen in Schneidwalzen geschnitten; desgleichen wurde Rundeisen unter 6,5 mm Durchmesser durch Zieheisen gezogen.

Wegen der kleinen Dimensionen bedürfen die Feineisenwalzwerke guter Leitungen zur Führung der Stäbe und Abstreifvorrichtungen zum Reinhalten der Walzen, Fig. 233. Die Walzen der Feineisenstraſsen machten 130 bis 250 Umdrehungen in der Minute. Bei Bandeisen lieſs man sie noch langsamer laufen, bei Rund- und Quadrateisen um so schneller, je dünner die Sorten waren.

Die Feineisenstreckwalzen waren 940 bis 1046 mm lang, ihr Durch-

Digitized by Google

messer war verschieden. Wenn die Mittelwalze die übliche Dicke von 340 mm hatte, so betrug der Durchmesser der oberen Walze 340,8 mm, der der unteren Walze 339,2 mm, damit das Walzeisen sich mehr nach dem Boden zu als nach oben krümmte. Auf manchen Werken gab man aber der Mittelwalze einen etwas gröfseren Durchmesser als den beiden anderen. Jede der Walzen wog annähernd 750 kg.

Zur Anfertigung von Vierkanteisen verfolgte man bei der Kalibrierung der Streckwalzen dieselben Grundsätze wie bei den Grobeisenwalzen, ebenso hatten die Vorwalzen für Rundeisen oft quadratische Furchung, häufig wendete man ovale Kaliber an, welche die Schlacke besser auspreſsten und die Arbeit beschleunigten. Die Zahl der Kaliber war von der Länge der Walzen abhängig. In einer Streckwalze von 1020 mm Bundlänge liefsen sich leicht 18 Kaliber anbringen, die von 111 bis zu 13 mm Kreisdurchmesser abnahmen, wobei die Abnahme bei den beiden ersten Kalibern 13 mm, bei den beiden letzten 1,6 mm betrug. Flachat hat für die ovalen Kaliber die Formel $H = 2R - L$ angegeben, wobei H die Höhe, L die Breite des Kalibers und R den Radius des Kreises, dessen Bogen das Kaliber bildet, bedeutet.

Die entsprechenden Feineisen-, Schlicht- oder Vollendwalzen waren 680 mm lang, 340 und 340,8 mm dick und enthielten 25 Kaliber von 34 mm bis 8,8 mm [1]). Jede Walze wog etwa 625 kg.

Feines Rundeisen walzte man am besten auf Quadratkalibern, bis die Diagonale des Quadratstabes die Länge des Durchmessers des fertigen Rundstabes erlangt hatte, vor, dann liefs man es erst durch ein Ovalkaliber und hierauf durch ein Rundkaliber von dem verlangten Durchmesser gehen [2]). Nach einer zweiten, aber weniger guten Methode walzte man die vorbereiteten Quadratstäbe durch Rundkaliber von abnehmender Stärke. Bei gröfserem Zeitaufwande erhielt man ein weniger sauberes Produkt. Fig. 234 zeigt ein Feineisenwalzwerk mit Quadrat-, Oval- und Rundkalibern mit den dazugehörigen Führungen.

In Belgien wendete man zu Quadrat- und Rundeisen von wenigstens 0,040 m Seite oder Durchmesser keine ovalen Kaliber an, wohl aber bei schwächeren Sorten.

Bei Rund- und Quadrateisen von 0,006 bis 0,012 m Stärke nahm man in Belgien zwischen den 10zölligen Streckgarnituren abwechselnd Rund- und Quadratkaliber an. Alsdann gingen die Stäbe durch ein

[1]) Über die Kaliber der Feineisen- und Schlichtwalzen siehe Karsten, a. a O., V, 358.

[2]) Karsten, a. a. O., IV, S. 337.

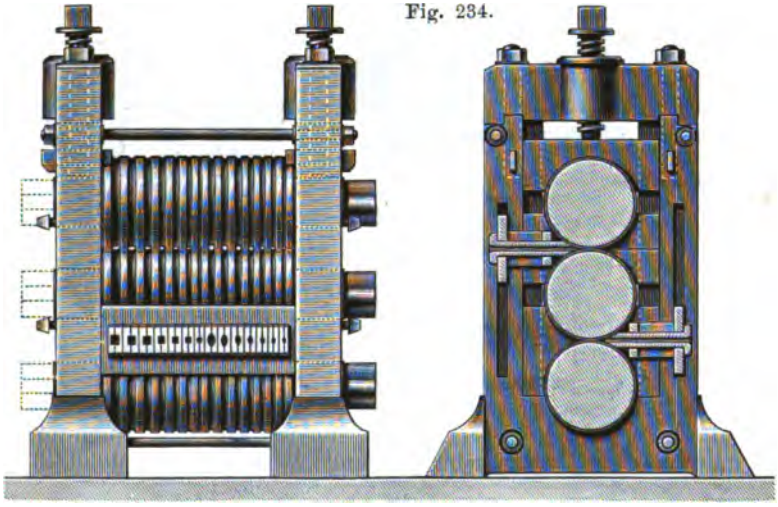
Digitized by Google

ovales Kaliber des 8zölligen Streckgerüstes und dann durch das runde oder quadratische Kaliber des gleich starken Schlichtwalzwerkes.

Für feinere Sorten waren die Walzwerke noch viel komplizierter. Flachat, Barrault und Petiet beschrieben ein Walzwerk für Rundeisen von 0,004 bis 0,009 m mit fünf Gerüsten. Die Walzen, die 0,60 m Körperlänge hatten, machten 200 bis 260 Umdrehungen in der Minute. Das erste Gerüst hatte vier spitzbogige, fünf quadratische und drei ovale Kaliber. Das zweite hatte 17 ovale Kaliber, das dritte 15 quadratische, das vierte, von 0,40 m Körperlänge, 14 ovale, das fünfte 18 runde Schichtkaliber [1]).

Um Draht von 9 mm Durchmesser aus Quadratstäben von 26 mm in etwa $^3/_4$ Minuten auszuwalzen, mufsten die Walzen 225 bis 250 Um-

Fig. 234.



drehungen in der Minute machen. Der 2 Fufs lange Stab wurde dabei in zehn Durchgängen auf 10 bis 11,30 m gestreckt.

Bandeisen wurde unter einer Feineisenstreckwalze für Flacheisen vorgewalzt und dann unter glatten Hartwalzen, Fig. 235 (a. f. S.), ausgewalzt. Es waren dazu Führungen *p* und Vorrichtungen zum Abschaben des Glühspans *a'*, wie solche aus der Zeichnung ersichtlich sind, erforderlich. Die Walzen waren 314 bis 330 mm dick und machten 40 bis 80 Umgänge in der Minute, je nach der Güte des Eisens. Die Entfernung der Walzen erfolgte durch Stellung der Schrauben *n*, wie bei den Blechwalzen.

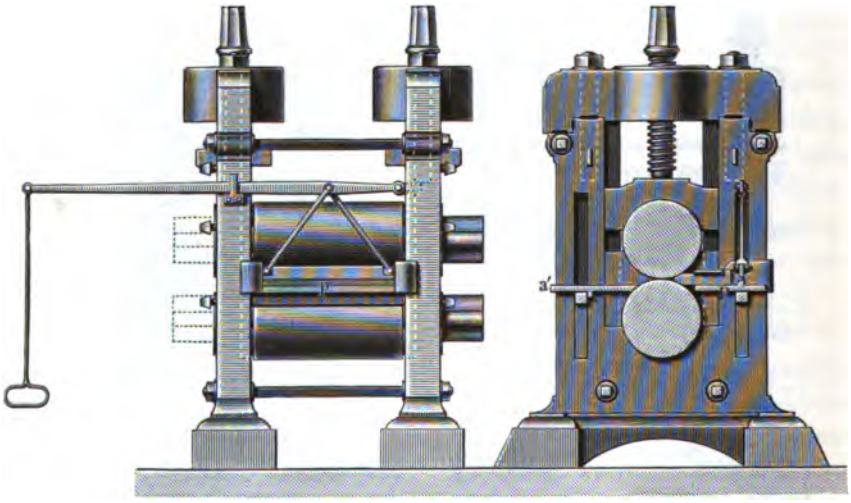
---

[1]) Näheres hierüber ist in dem Werke selbst nachzulesen. Flachat, Barrault et Petiet, ferner Valerius, a. a. O., S. 321.

Digitized by Google

Auch bei den Blechwalzwerken, der ältesten Art der Walzwerke, waren im Laufe der Zeit und besonders seit 1830 mancherlei Verbesserungen eingeführt worden. Veranlassung dazu hatten die stärkeren Betriebskräfte seit der Verwendung der Dampfmaschinen, die gröfsere Erzeugung und die Herstellung gröfserer und stärkerer Bleche für Dampfkessel gegeben. Die alten, kleinen Walzwerke, auf denen „Dünneisen“ für die Weifsblechfabrikation und Schwarzblech in beschränkten Dimensionen gewalzt wurden, waren Schleppwalzen mit Pilarengerüsten oder mit Ständern mit beweglichem Sattel. Die Oberwalze ruhte auf der Unterwalze und wurde nur durch die Reibung gedreht „geschleppt“. Die Unterwalze, die durch eine Kupplungs-

Fig. 235.



welle unmittelbar mit der Wasserradwelle verbunden war, lag mit ihren Zapfen in offenen Lagern ohne Deckel, die Oberwalze hatte kein Unterlager, sondern nur ein Oberlager, welches durch die Druckschraube in seiner Lage gehalten wurde. Durch die Druckschraube wurde die Stellung der Oberwalze, d. h. die Höhe, bis zu der dieselbe beim Walzen sich nach oben heben konnte, bestimmt.

Diese alte Konstruktion hatte vielerlei Mängel, die besonders bei stärkerem Betriebe fühlbar wurden. Man verbesserte sie durch bessere Lagerung der Walzen und stärkere Ständer. Für letztere nahm man geschlossene Ständer, wie bei den Stabeisenwalzwerken, die man aber stärker machte, entsprechend der gröfseren Kraft, der sie zu widerstehen hatten. Aufserdem wurden die Ständer durch starke eiserne Anker oder Bolzen miteinander verbunden. Entsprechend führte man

Digitized by Google

die Fundamentierung und die Verbindung der Sohlplatten mit derselben durch eiserne Bolzen und Grundanker stärker und sorgfältiger aus. Man sah sich dabei vor, dafs die Ständer enger oder weiter gerückt werden konnten, um kürzere oder längere Walzen einlegen zu können.

In der Regel bestand ein Blechwalzwerk aus zwei Gerüsten, das erste zum Vorwalzen des Materialeisens, das zweite zum Fertigwalzen der Bleche. Man machte die Fertigwalzen stärker, wodurch sie bei gleicher Umdrehung doch eine gröfsere peripherische Geschwindigkeit erhielten. 25 bis 35 Umdrehungen galten als eine zweckmäfsige Geschwindigkeit. Die Vor- oder Streckwalzen hatten 366 bis 418 mm, die Vollendwalzen 471 bis 523 mm Durchmesser. Die Länge der Walzen richtete sich nach der Breite der Bleche, doch machte man sie 78 bis 105 mm (110 bis 115 mm nach Le Blanc und Walter) länger als diese. Die Vollendwalzen waren stets Hartgufswalzen.

Da das Herabfallen der Oberwalze auf die Unterwalze bei gröfseren Walzen sehr leicht Brüche herbeiführte, verliefs man die Einrichtung der Schleppwalzen und verband die Walzenzapfen mit Kupplungsrädern, wodurch auch ein viel gleichmäfsigerer Umlauf erzielt wurde. Da aber auch hierbei die Oberwalze beim Durchgang der Bleche gehoben wurde und beim Austritt niederfiel, so begegnete man dem Stofs dadurch, dafs man die Oberwalze durch Gegengewichte balancierte. Dies geschah in der Weise, dafs man die Walzenzapfen in beweglichen Unterlagen ruhen liefs, die durch Zugstangen, Hebel und Gewichte, die dem Gewicht der Walze nahezu entsprachen, gegen diese angedrückt wurden. Wir haben diese Konstruktion schon bei einem älteren Walzwerk mit Pilarengerüsten in Fig. 78, S. 241, zur Darstellung gebracht. Die verbesserte Einrichtung mit Ständergerüst ist in Fig. 236 a u. b [1]) (a. f. S.) abgebildet. Die Zeichnung ist leicht verständlich. Durch die Klauenkupplung zz' ist die Unterwalze mit der Triebwelle verbunden. Die Kraftbewegung wird der Oberwalze durch das Zahngetriebe u^1u mitgeteilt, das durch die Kupplungen vv und die Kupplungen tt' mit den Walzen ef verbunden ist. Die Stellung der Oberwalze geschieht durch die Schrauben cc, die mittels des Zahnkranzes ii und der Hebel kk bewegt werden. Das Unterlager der Oberwalze ist durch das Hebelwerk xs und das Gegengewicht y abbalanciert. Eine verbesserte Einstellung der Oberwalzen durch Keile statt durch Schrauben hatte John Cockerill zuerst in Seraing

[1]) Aus Karstens Eisenhüttenkunde, Taf. LXL, Fig. 1 und 2.

Digitized by Google

eingeführt. Bei seiner Konstruktion wurden die Keile durch horizontale Schrauben eingestellt.

Fig. 236 a.

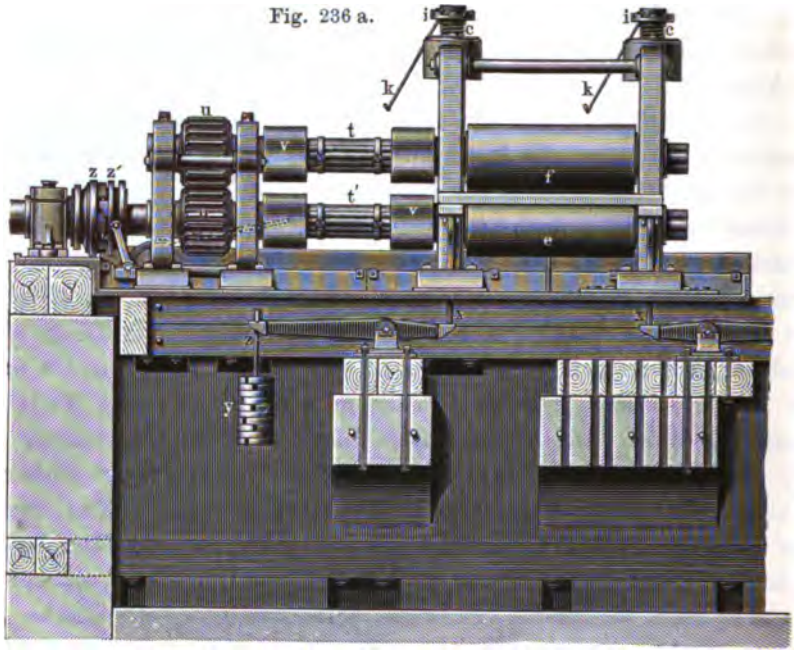
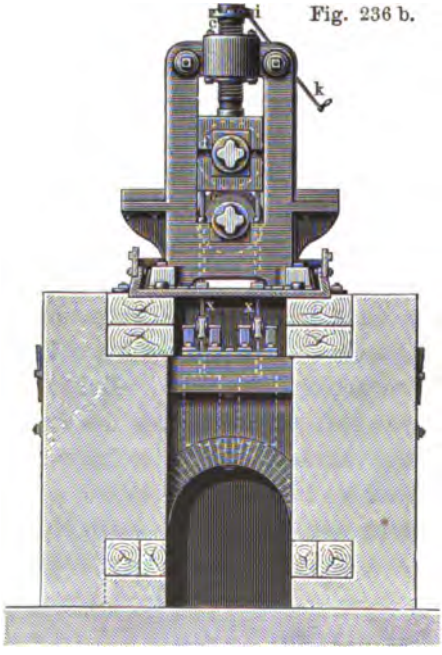


Fig. 236 b.



Karsten hat die in Fig. 237, 238 u. 239 gezeichnete Anordnung bekannt gemacht, bei der die Stellung der Keile durch ein Zahngetriebe erfolgte. Die Keile *a b* waren mit einer Zahnstange verbunden, in die ein kleines Zahnrad eingriff, welches durch ein gröfseres horizontales Triebrad *m* mit Handhebeln *p p* bewegt wurde. Die Ausbalancierung der Oberwalze fand hier von oben durch Gegengewichte, Fig. 239, welche über am Dach befestigte Rollen liefen, statt. Bemerkenswert ist, dafs die Kupplungswalze *a* direkt mit der Triebwelle verbunden war.

Digitized by Google

Der Vorzug der Einstellung der Oberwalze durch Keile lag in der gröfseren Raschheit und Gleichmäfsigkeit.

Keinem Teil der Walzwerksindustrie wurde aber in dieser Periode soviel Aufmerksamkeit zugewendet, als wie dem Walzen der

Fig. 237.

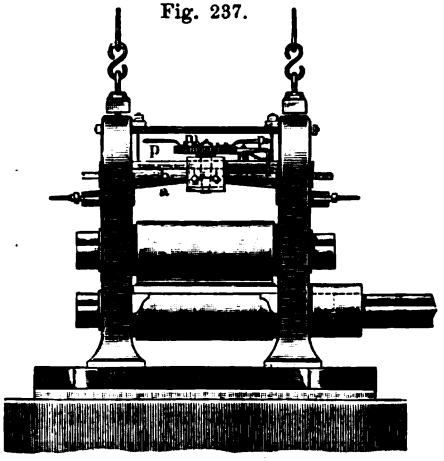
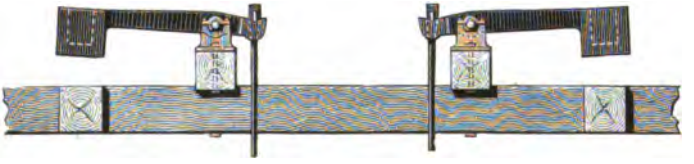


Fig. 238.

Eisenbahnschienen. Betrachten wir die Entwickelung derselben zunächst hinsichtlich der Gestalt der Schienen.

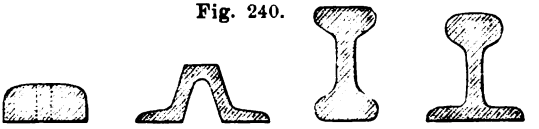
In den ersten 20 Jahren des Eisenbahnwesens herrschte darin eine grofse Verschiedenheit. Indem man nach einer vollkommenen Form suchte, kam man auf sehr abweichende Profile.

Fig. 239.



Die alten Fischbauchschienen erhielten sich noch längere Zeit. Als aber die Schienen wegen der stärkeren Belastung schwerer gemacht werden mufsten, warf man den Fischbauch, der ein ganz unnützes Anhängsel war, ab und suchte Schienen zu konstruieren, die nicht mehr in einzelnen Punkten, sondern möglichst auf ihrer ganzen Länge Auflagerung hatten. Es entwickelten sich vier Hauptschienenformen, Fig. 240:

Fig. 240.



Digitized by Google

a) die Flachschienen,
b) die Brückenschienen, auch Brunel-Schienen genannt,
c) die Doppel- oder Stuhlschienen, und
d) die breitbasige oder Vignoles-Schiene.

Von diesen Formen hat die letztere in Europa den Sieg davon getragen.

Die Flachschienen und Brückenschienen wurden auf Längsschienen, die Doppelkopfschienen und Vignoles-Schienen mittels Stühlchen auf Querschienen befestigt.

Die Stuhlschienen hatten ihre Auflager, ähnlich den alten Fischbauchschienen, ausschliefslich auf den oft komplizierten gufseisernen Lagern oder Stühlen. Die hier dargestellte Form waren die sogen. Doppelkopfschienen, welche symmetrisch waren und den Vorteil haben sollten, umgedreht werden zu können, so dafs man die untere Seite, wenn die obere Seite ausgefahren war, in Benutzung nehmen konnte. Anfänglich waren in England die Stuhlschienen noch am meisten im Gebrauch, aber nicht in der Form der Doppelschienen, sondern in der S. 549, Fig. 182a gezeichneten älteren Form.

Die Flachschienen waren die billigsten, doch wurden sie nur in Amerika für Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb verwendet und sind auch dort schon seit langer Zeit nicht mehr im Gebrauch.

Die Brückenschienen waren in dieser Periode in Deutschland beliebt und wurden bei der Magdeburg-Leipziger, Leipzig-Dresdener, Niederschlesisch-Märkischen u. s. w. Eisenbahn angewendet. Sie haben sich bis in die letzten Jahrzehnte noch auf einigen englischen und schweizer Bahnen erhalten.

Die ältesten Stuhlschienen waren die Fischbauchschienen. Als man den Fischbauch wegliefs, ersetzte man ihn nur durch eine stärkere seitliche Rippe, Fig. 241 a, welche zur Befestigung im Stuhl diente. Statt dieser brachte man dann einen kleinen runden Kopf, Fig. 241 b, an. Aus dieser Form ist dann erst die vorerwähnte Doppelkopfschiene, Fig. 241 c, entstanden.

Fig. 241.

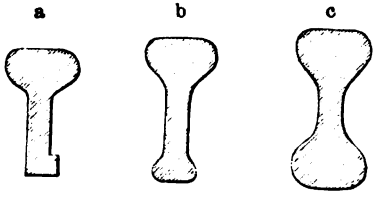
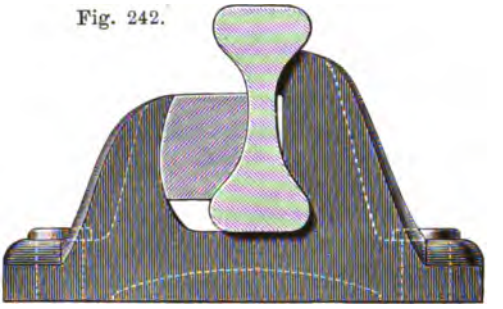


Fig. 242 zeigt den Schienenstuhl einer Doppelkopfschiene und ihre Befestigung in demselben. Obgleich die Doppelkopfschiene auf den ersten Blick sehr praktisch erscheint, hat sie sich doch nicht bewährt, weil man verhältnismäfsig nur selten zum Umlegen kam, da, wenn die obere Seite so durchgefahren war, dafs sie unbrauchbar war, sie

Digitized by Google

meist auch nach dem Umdrehen keinen festen Halt mehr fand. Der zweite Kopf erhöhte aber das Gewicht der Schiene beträchtlich und war, wenn sie nicht umgelegt werden konnte, ohne entsprechenden Nutzen. Deshalb fanden die breitbasigen Schienen, Fig. 243, die eine viel bessere Auflagerung gewährten, rasche Verbreitung. Doch entwickelte sie sich nur allmählich zu dem schlanken Profil der Vignoles-Schiene.

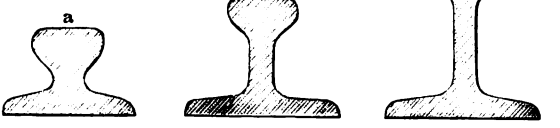
Fig. 242.



Die älteste Form, wie sie auf der Leipzig-Dresdener Bahn zur Anwendung kam, Fig. 243 a, war eine ganz gedrückte, sie war nur 65 mm hoch. Die älteren Profile der österreichischen Staatsbahnen, Fig. 243 b, waren schon etwas höher, nämlich 92 mm hoch, dann folgten die Schienen der niederländisch-rheinischen Bahn, Fig. 243 c, mit 130 mm Höhe.

Mason Patrick wendete zuerst die breitbasige Schiene, die er auf Querschwellen von Lärchenholz aufnagelte, in Nordamerika an. Charles Vignoles verpflanzte sie 1836 nach England.

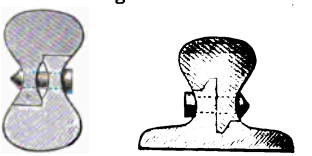
Fig. 243.



Da sich der Kopf der Schiene viel rascher abnutzte als der Fuſs, so kam man in den Vereinigten Staaten dazu, zusammengesetzte Schienen, Fig. 244, welche in der nebengezeichneten Weise verbunden waren, herzustellen.

Die Verbesserungen an den Eisenbahnschienen gaben in diesem Zeitabschnitt Veranlassung zu zahlreichen Patenten, von denen wir nur einige der wichtigeren kurz erwähnen wollen.

Fig. 244.



Robert Smith und John Walkinshaw nahmen 1833 ein Patent (Nr. 6457) für Schienen, Fig. 245 (a. f. S.), mit angewalzten Fuſslappen zur Befestigung [1]).

John Ruthom schlug hohle Schienen vor, sowohl von Guſseisen

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journ. 1834, Bd. 52, S. 321.

Digitized by Google

als auch von Schmiedeeisen, und nahm 1836 ein Patent hierfür (Nr. 7209).

James Hardy erfand 1838 zuerst Schienen mit Stahlköpfen. Seine Art der Paketierung, auf welche wir später noch zurückkommen werden, war zwar für den Zweck etwas umständlich, aber es war doch schon das ähnliche Princip, welches später allgemein angewendet wurde. Die Lauffläche der fertigen Schiene sollte aus Stahl bestehen (Patent Nr. 7666).

Fig. 245.

Sydney Jessop wollte 1842 denselben Zweck dadurch erreichen, dafs er den Kopf der ausgewalzten schmiedeeisernen Schiene einer nachträglichen Cementation unterwarf (Patent Nr. 9298).

Charles Sanderson schlug 1845 ein Verfahren vor, Gufsstahl und Schmiedeeisen zusammenzuschweifsen und aus diesem Material Schienen zu walzen.

Wichtiger war das Patent von G. B. Thorneycroft vom 27. Mai 1847, den Kopf der Schienen aus krystallinischem Eisen (Feinkorn), den übrigen Teil der Schiene aus sehnigem Eisen zu walzen. Roh- oder Feineisen sollen dafür in der vollkommensten Weise mit oder ohne Hinzufügung von Schrotteisen zu einer Luppe gepuddelt werden, grofs genug, um die Deckschienen für eine ganze Eisenbahnschiene zu bilden. Bei Doppelkopfschienen brauchte man je oben und unten eine solche Schiene.

Diese Vorschläge führen uns bereits ein in die Art und Weise, wie die Schienen zusammengesetzt und welches Material dafür genommen wurde. Anfangs setzte man die Pakete einfach aus Eisen derselben Sorte zusammen, wobei man nur, um eine saubere Oberfläche zu erhalten, aufsen gegärbtes Eisen, innen aber Rohschienen (mill-bars) nahm. Gewöhnlich begnügte man sich sogar damit, nur oben und unten eine Fufs- und Deckplatte von doppelt geschweifstem Eisen zu nehmen, Fig. 246 a. So bestanden beispielsweise die Pakete der Hamburger und badischen Eisenbahnschienen, welche anfangs der 40er Jahre in Belgien gewalzt wurden, nach Valerius, aus drei Rohschienen von 6 engl. Zoll Breite und vier von 3 Zoll Breite und nur zwei Deckschienen von gegärbtem Eisen von 6 Zoll Breite; alle waren 1 Zoll dick.

Fig. 246 a.

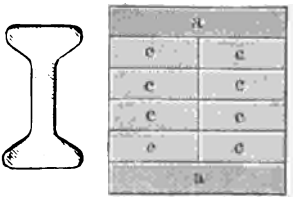


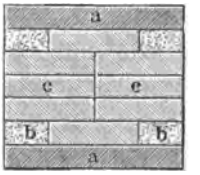
Fig. 246 b zeigt die Zusammensetzung eines Paketes zu Doppel-

Digitized by Google

kopfschienen der Hütte von Decazeville; *aa* sind die zweimal geschweifsten Decken, *bb* sind einmal geschweifste und *cc* sind Rohschienen. Diese Pakete waren 0,974 m lang und wogen 165 kg. Fig. 246 a zeigt den Durchschnitt eines Paketes für Doppelkopfschienen von Creusot in Frankreich. Dieses Paket wog 210 kg, war 1,21 m lang, und die daraus gewalzte Schiene hatte eine Länge von 4,8 m und wog 178 kg. Fig. 246 c ist ein Paket, in dem alte oder Ausschufsschienen mit verarbeitet werden.

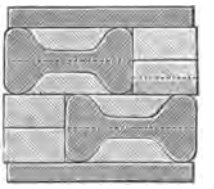
Zu Couillet wurden für die belgische Regierung Schienen mit hartem Kopf gewalzt. Die obere Decke der Pakete hierfür war aus körnigem Eisen. Die Anwendung des körnigen oder krystallinischen Eisens zu diesem Zweck war also schon lange vor dem oben erwähnten englischen Patent Thorneycrofts in Belgien bekannt und eingeführt.

Fig. 246 b.



Das Ausschweifsen dieser Pakete erforderte besondere Vorsicht, weil das körnige Eisen viel früher Schweifshitze annahm, als das sehnige. Ebenso war aber auch beim Auswalzen besondere Vorsicht nötig, weil das harte Eisen schneller erkaltete. Unter keinen Umständen durfte das harte Eisen mürbe sein. Selbst das aus Koksroheisen gepuddelte körnige Eisen war brauchbar. Man bediente sich aber in Couillet nur des aus Feineisen gepuddelten körnigen Stabeisens. Selbstverständlich durfte beim Schweifsen der Pakete kein Teil derselben überhitzt werden, weil solche Pakete zwischen den Walzen aufrissen.

Fig. 246 c.



Die Kalibrierung der Schienenwalzen war ebenso wichtig wie schwierig. Die älteren, leichteren Schienenwalzen hatten nur 0,35 m Durchmesser und 1 m Körperlänge. Für schwere Schienen machte man die Walzen 0,40 bis 0,50 m dick und 1,20 bis 1,40 m lang. Die Kalibrierung selbst war wesentlich Erfahrungssache. Charakteristisch ist folgende Mitteilung von Valerius. Wenn auf dem Eisenwerk zu Monceau-sur-Sambre Walzen für ein bis dahin in der Hütte noch nicht angefertigtes Façoneisen konstruiert werden sollten, so wurden die für die verschiedenen Kaliber vorzunehmenden Abnahmeverhältnisse von einer aus allen Hüttenmeistern, dem Walzendreher und dem Direktor des Werkes bestehenden Kommission untersucht und festgestellt. Ebenso war es zu Seraing der Walzmeister, der Drehmeister, der den Puddel- und Schweifsbetrieb leitende Hüttenmeister, welche ihre Meinungen zu diesem Zweck vereinigten.

Digitized by Google

In mehreren Hütten bewahrte man die Profile aller Schienenkaliber, gute und schlechte, auf und bemerkte die an jedem Kaliber erfolgten Resultate. — Um sich diese Profile zu verschaffen, walzte man Stäbe in den Kalibern aus, schnitt ihre Enden scharf ab und verzeichnete die Profile auf dem Papier, oder was noch besser war, schnitt sie in einem Stück dünnen Bleches aus. Diese Profile konnten später, wenn man andere Walzen kalibrieren oder alte reparieren wollte, gute Dienste leisten und zwar um so wertvollere, als sich die Kaliber fortwährend veränderten, durch den Gebrauch ihre Form verloren und unaufhörlich auf der Drehbank nachgeholfen bekommen mufsten.

Allmählich hatten sich aus den einzelnen Erfahrungen gewisse allgemeine Regeln herausgebildet:

1. Der Druck in den aufeinander folgenden Kalibern und folglich auch die Verlängerung, welche das Eisen annimmt, müssen sich in dem Mafse vermindern, als man sich dem letzten Kaliber nähert, welches gewissermafsen nur zum Schlichten des Eisens dient.

2. Man mufs auf die dickeren Teile der Schiene, wo das meiste Eisen vorhanden ist, und auf die schwächeren, wo weniger ist und das Metall am schnellsten erkaltet, einen ungleichen Druck ausüben.

3. Die Schienenkaliber müssen sich in Übereinstimmung mit der erlangten Breite und mit dem Druck, den man anwendet, erweitern. Das Mafs der Erweiterung ist Erfahrungssache. Zu Couillet betrug die Erweiterung in den Schienenschlichtwalzen gewöhnlich 3 mm von einem Kaliber zum andern.

Um die Kalibrierung verschiedener Arten von Schienen anschaulich zu machen, teilen wir die Abbildungen verschiedener älterer Profile mit.

Fig. 247.

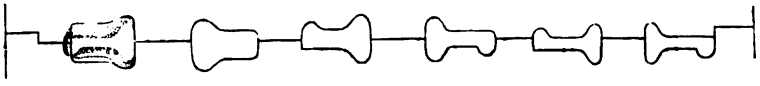
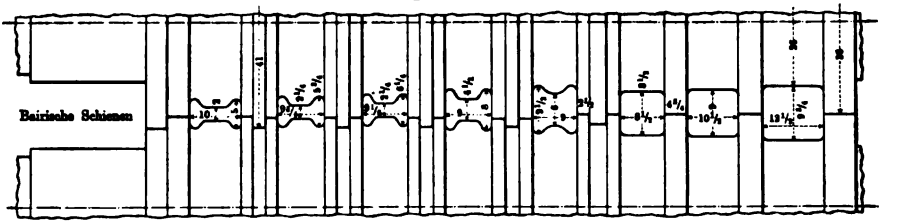


Fig. 247 zeigt Schienenwalzen der Hütte von Terre noire nach Le Blanc und Walter, welche zur Anfertigung der Schienen von Andrezieux nach Roanne im Loire-Departement angewendet wurden. Die aufeinanderfolgenden Furchen, welche teils mehr in der oberen, teils in der unteren Walze liegen, sind so angeordnet, dafs das Eisen bei jedem Durchgang in der umgekehrten Richtung durchgeht. Die beiden letzten Profile sind fast ganz in die untere Walze gelegt. Damit die Walzen ihre Stellung nicht verändern können, hat die untere an ihren Enden Scheiben, welche in die obere Walze eingreifen.

Digitized by Google

Fig. 248 zeigt die Kalibrierung der Walzen für die Doppelkopfschienen der bayerischen Staatsbahn, welche in der belgischen Hütte zu Monceau-sur-Sambre angewendet wurden. Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten den für zweckmäfsig erachteten Druck. Die Streck-

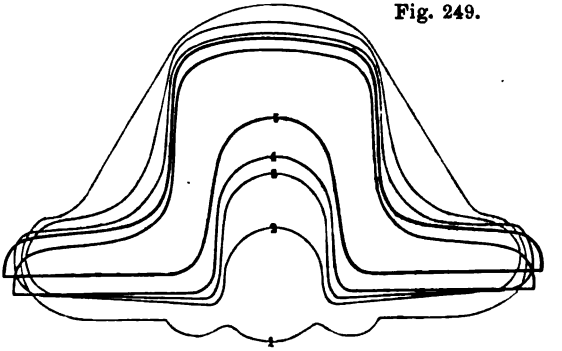
Fig. 248.



und Schlichtkaliber waren hier sämtlich in einer Garnitur angebracht, was sonst nicht üblich war.

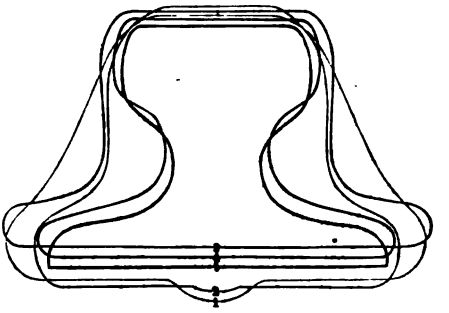
Fig. 249 zeigt die ineinander gezeichneten Kaliberprofile der Brückenschienen für die badische Eisenbahn und Fig. 250 dieselben für die breitbasigen Schienen der Hamburger Bahn, welche beide zu Couillet in Belgien gewalzt wurden, in $^1/_4$ der natürlichen Gröfse. Das Eindrehen der Kaliber geschah nach einer hölzernen Schablone. Alle Schienengerüste waren mit Einlafs- und Abstreifplatten versehen.

Fig. 249.



Zu einem Schienenwalzwerk gehörten damals sechs Schweifsöfen, von denen fünf im Betriebe standen, während der sechste als Reserve diente. In diesen Schweifsöfen erhielten die Pakete eine saftige Schweifshitze und wurden dann in einer Hitze zwischen den Walzen geschweifst und gestreckt. Sobald die Schiene aus dem letzten Kaliber der Schlichtwalzen herausgekommen war, schnitt man die beiden Enden mit der Säge ab, richtete sie und machte

Fig. 250.

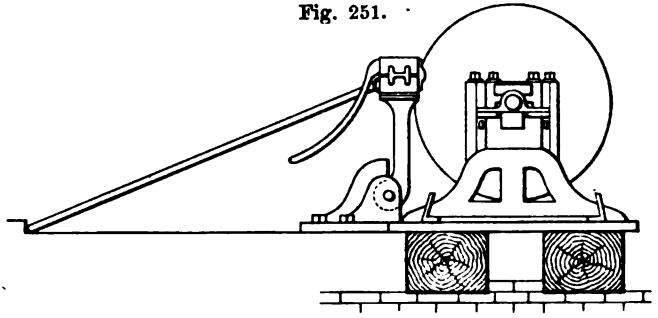


Digitized by Google

die Enden genau rechtwinklig. Nachdem man mit der Feile und dem Meifsel noch die Nähte fortgeschafft hatte, liefs man sie erkalten. Die kalte Schiene wurde dann nochmals gerichtet und von allen Fehlern befreit, wobei man sich eines Schmiedefeuers und der Handhämmer bediente. Dieses Fertigmachen nannte man das Adjustieren (Ajustage).

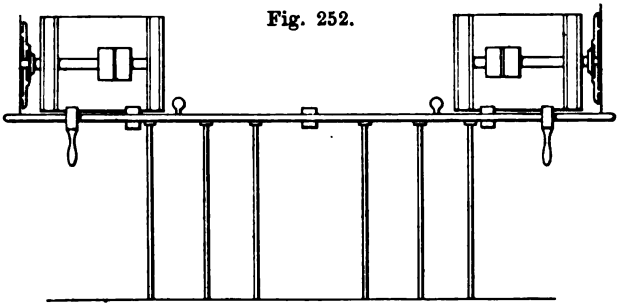
Ein wichtiges Zubehör der Schienenwalzwerke waren die Kreissägen, Fig. 251 und 252, welche das Abschneiden der Schienenenden

Fig. 251.



in noch rotglühendem Zustande bewirkten. Nachdem die durchgewalzte Schiene auf der Bank vor dem Sägewerk gerichtet war, wurde sie auf die bewegliche Bank gebracht, welche durch einen einfachen Hebel so vorwärts geschoben wurde, dafs die beiden Kreissägen, welche genau im Abstande der Schienenlänge voneinander standen,

Fig. 252.



die Schienenenden fafsten und mit überraschender Geschwindigkeit abschnitten. Die Sägeblätter, welche 1,25 m Durchmesser hatten und aus dem besten körnigen Eisen gefertigt waren, wurden mit einem Wasserstrahl gekühlt. Von da kam die Schiene auf die grofse Richtplatte, wo sie vor dem Erkalten fertig gerichtet wurde. Das Richten der kalten Schiene geschah früher mit Handhämmern, seit etwa der Mitte der 40er Jahre aber mit einer Schraubenpresse. Diese wurde zuerst in Seraing und auf der Eisenbahnstation zu Mecheln eingeführt.

Digitized by Google

Zum Schienenflicken (raccomodage) verwendete man zu Couillet fünf Schmiedefeuer, jedes mit einem Meister und einem Gesellen. Das Probieren der Schienen geschah durch die Schlagprobe unter einer Ramme. Zu Couillet mufste eine Schiene 14 Schläge eines 200 kg schweren, von 4,50 m Höhe herabfallenden Rammklotzes aushalten, ohne Borsten oder Brüche zu bekommen. Dann folgte die Probe auf das Bruchansehen [1]). Die mittlere Dauer einer Schiene, die keine besondere Beschädigung erlitt, wurde damals zu 10 bis 12 Jahren gerechnet.

Fast allgemein wendete man zum Betriebe der Walzwerke Balanciermaschinen an, für welche die Engländer eine ererbte Vorliebe hatten. Die erste horizontale Dampfmaschine für den Betrieb eines Walzwerkes wurde zu Seraing gebaut und aufgestellt. Dieses System war angeblich zuerst von dem Ingenieur Nikolaus Flamm zu Köln für den Betrieb der Walzwerke angewendet worden. Die horizontalen Maschinen nahmen weniger Platz ein, erforderten weniger Fundament und kosteten deshalb nur etwa die Hälfte.

Man rechnete damals 22 bis 25 Pferdekräfte für den Betrieb eines Schienenwalzwerkes.

Um einen Begriff von der maschinellen Einrichtung und der Maschinenarbeit eines Walzwerkes jener Zeit zu bekommen, führen wir das folgende Beispiel an.

Die Walzhütte zu Couillet (vgl. Fig. 221) hatte zwei grofse Dampfmaschinen von je 80 Pferdekräften.

Die Maschine Nr. 1 bewegte den 7000 kg schweren Stirnhammer, welcher 60 bis 72 Schläge in der Minute machte; das Quetschwerk, welches 64, und die Scheren, welche 15 bis 18 Schwingungen in derselben Zeit machten. Das Schwungrad von 18 engl. Fufs Durchmesser und 9000 kg Gewicht machte 72 bis 85, das Schienenwalzwerk im Durchschnitt 40 Umgänge in der Minute. Die Walzen dieser Gerüste hatten 14 bis 16 engl. Zoll im Durchmesser.

Die Maschine Nr. 2 hatte ein Schwungrad von 20 engl. Fufs Durchmesser und 10000 kg Kranzgewicht. Es machte 80, das Blechwalzwerk 25, das Schneidewerk 80 und das Grob- und Feinwalzwerk 140 bis 150 Umgänge in der Minute. Die Scheren des Blechwalz-

[1]) Einen guten Bericht über die Schienenfabrikation für die bayerischen Staatsbahnen zu Seraing hat der Königlich bayerische Bergmeister Hailer im bayerischen Kunst- und Gewerbeblatt vom Februar, März und April 1847 veröffentlicht. Er ist abgedruckt im ersten Ergänzungshefte zu Valerius, Handbuch der Stabeisenfabrikation, S. 89.

Digitized by Google

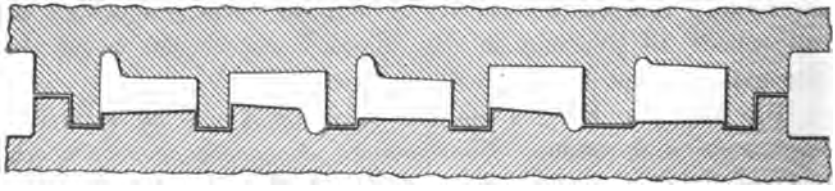
werkes machten 25, die des Schienenwalzwerkes und des Schneidewerkes 16 Schnitte in der Minute. Die Blechwalzen waren 18, die Schienenwalzen 14, die Grobeisenwalzen 10 und die Feineisenwalzen 8 engl. Zoll stark. Der vollständige Grundplan der Walzhütte ist in dem Werk von Valerius auf Taf. I im Grundrifs und einzelne Teile auf den folgenden Tafeln im Aufrifs dargestellt.

Die richtige Disposition eines Walzwerkes war eine sehr wichtige Sache, denn jede unnötige Entfernung, jeder überflüssige Weg zwischen den zusammengehörigen Apparaten kostete Zeit und Geld und verringerte die Produktion, dabei war aber freie Bewegung, freier Zugang zu und in den Arbeitsräumen ebenfalls notwendiges Erfordernis. Deshalb machte man die Hallen möglichst offen und unterstützte das Dach durch eiserne Säulen. Die Öfen legte man so an, dafs die Essen oder die Sammelesse aufserhalb des Gebäudes zu liegen kamen. Die Öfen gruppierte man um die Apparate, welche sie bedienten: die Puddelöfen in der Nähe der Hämmer, Quetschwerke und Puddelwalzwerke; die Schweifsöfen in der Nähe der Stabeisen-, Blech- und Schienenwalzwerke. Die Scheren wurden so angebracht, dafs sie den Dienst bei den übrigen Apparaten nicht hinderten, teils in der Hütte, teils im Freien. Es erwies sich als zweckmäfsig, den Betrieb der Arbeitsmaschinen auf zwei Kraftmaschinen zu verteilen. Den Boden der Halle belegte man mit eisernen Platten.

Die abgeschnittenen Schienenenden walzte man meist zu 6 Zoll breiten Schienen, welche man zu Deckplatten der Pakete benutzte.

Die Eisenbahnen stellten den Walzwerken noch andere neue Aufgaben. Die Hartgufsräder mufsten wenigstens in Europa allmählich

Fig. 253.



den Rädern mit schmiedeeisernen Radkränzen weichen. Diese Spurkranzeisen für Eisenbahnen, die Radbandagen (tyres) wurden ebenfalls gewalzt. Sie erforderten schwere Pakete, die erst unter dem Hammer geschmiedet und dann erst nach einer neuen Hitze ausgewalzt wurden. Fig. 253 zeigt die Kalibrierung der Tyres-Walzen zu Couillet aus dem Anfang der 40er Jahre mittels flacher Kaliber, neben diesen

Digitized by Google

hatte man aber schon damals tiefe Kaliber. Die Radbandagen wurden ebenso wie die Schienen nach dem Auswalzen mit der Kreissäge auf die richtige Länge geschnitten, sodann gebogen, an den Enden zusammengeschweifst und warm auf das Speichengerippe aufgezogen. Dann wurden die Laufflächen auf der Drehbank abgedreht. Der berühmte Maschinenfabrikant Cavé in Paris hatte Dampfscheren konstruiert, welche Bandagen für Lokomotivräder kalt glatt durchschnitten.

Zunächst für Radachsen, dann aber auch für Bandagen und Schienen hatte James Hardy 1835 ein eigentümliches Herstellungsverfahren erfunden und patentieren lassen. Er machte runde Pakete, indem er Stäbe, deren Querschnitte radialen Ringstücken entsprachen, walzte und diese um einen Rundstab zusammenfügte und das Ganze zusammenschweifste. Indem er nun diese Segmentstäbe (segmental bars) mit einer Deckplatte von Stahl herstellte, konnte er die Laufflächen der daraus gewalzten Schienen verstählen.

Ein anderes Verfahren von Bodmer (1839) und von Bramwell (1843) hatte den Zweck, die gefährlichen Schweifsstellen vom Umfang des Rades in das Innere zu verlegen. Zu diesem Zwecke wickelten sie einen glühenden Stab spiralförmig auf einen Dorn auf und bildeten dadurch einen Ring (coil), der geschweifst und ausgearbeitet wurde.

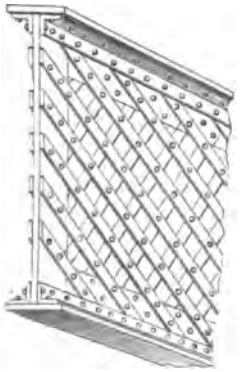
Der Aufschwung der Schienenfabrikation und die Fortschritte in der Kunst des Schienenwalzens übten unmittelbaren Einfluſs auf die Fabrikation des Form- oder Façoneisens. Vor dem Jahre 1830 hatte man von diesem nur Fenstereisen und Winkeleisen gewalzt. Letzteres bildete das einzige Konstruktionseisen und diente hauptsächlich zur Verbindung der Platten und Stäbe, aus denen namentlich die schmiedeeisernen Brücken hergestellt wurden. Vor den 30er Jahren war das Walzen von Winkeleisen in Deutschland noch gänzlich unbekannt, 1831 wurde das erste Winkeleisen auf dem Eisenwerk Rasselstein bei Neuwied von der Firma Christian und Friedrich Remy gewalzt. In Frankreich fing man um dieselbe Zeit damit an. Bei dem Walzen der Winkelschienen dürfen die Schenkel keinen starken Druck erfahren, und die Schenkel des inneren und äufseren Winkels der Schiene müssen genau in eine Senkrechte fallen. Geschieht dies nicht, so verdreht sich die Schiene beim Austritt aus der Walze.

In welcher Weise das Winkeleisen bei der Konstruktion der Gitterträger in England damals, besonders von Telford, angewendet wurde, ist aus umstehender Zeichnung, Fig. 254 (a. f. S.), zu ersehen. Aber auch bei den Röhrenbrücken, welche Robert Stephenson baute, wie namentlich bei der berühmten Britanniabrücke, welche er 1846

Digitized by Google

bis 1850 mit William Fairbairn errichtete, diente nur Winkeleisen zum Verbinden und Versteifen der Bleche (Fig. 255). Winkeleisen brauchte man ferner zum Bau der Dampfkessel.

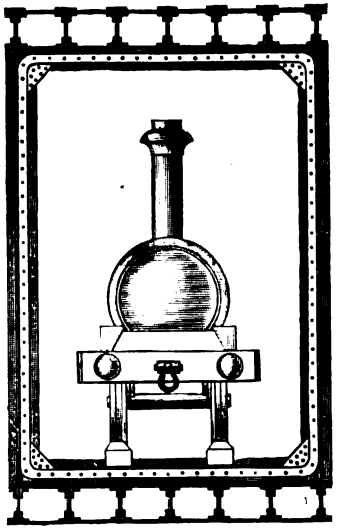
Fig. 254.



Die Form der ersten gewalzten Eisenbahnschienen mufste eigentlich schon zu dem T-Eisen T führen. Dennoch taucht dasselbe erst um das Jahr 1830 auf, als in England der Bau schmiedeeiserner Dächer allgemeiner wurde. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dafs die erste ganz aus Schmiedeeisen hergestellte Kuppel, von Moller konstruiert, am Nordchor des Mainzer Domes 1828 errichtet wurde.

Fig. 256 zeigt die Furchung einer einfachen T-Eisenwalze. Die Kaliber sind abwechselnd um 90° gedreht. Auf diese Weise wird abwechselnd Kopf und Fufs gestreckt, und die Kaliber werden sämtlich versenkt in die Unterwalze gelegt. In Deutschland begann man mit dem Walzen des T-Eisens um das Jahr 1839 bis 1840.

Fig. 255.



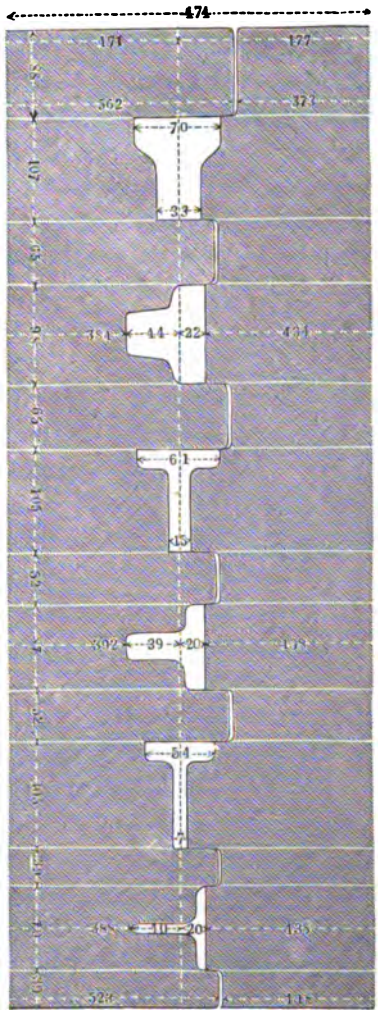
Das Doppel-T-Eisen, I, welches von Jahr zu Jahr gröfsere Anwendung zu Bauzwecken fand, wurde erst gegen Ende unseres Zeitabschnittes erfunden, und zwar in Frankreich. Die ersten Versuche, I-Eisen zu walzen, fallen in die letzte Hälfte der 40er Jahre. Vor der Zeit wendete man in Paris zu Deckenträgern statt der Holzbalken Eisenbahnschienen an, und wo es sich um das Tragen sehr grofser Lasten handelte, nietete man zwei aufeinandergestellte Schienen mit den Fufsenden zusammen. Die Anregung zum Walzen der I-Träger gab der um die Eisenindustrie hochverdiente Ingenieur Ferd. Zorès. Dieser setzte sich 1847 mit den ersten Konstrukteuren und Bauunternehmern zu Paris in Verbindung, um mit diesen die zweckmäfsigsten Trägerformen zu studieren und die Walzwerke zu deren Anfertigung zu veranlassen [1]).

[1]) Siehe E. Mäurer, Die Formen der Walzkunst, 1882, S. 104.

Digitized by Google

Dies gab zunächst Veranlassung, dafs M. Bleuze beim Bau des neuen Schlachthauses in Paris zur Deckenkonstruktion anstatt der Flachschienenträger Kreuzeisen + anwendete, in der Absicht, durch die Verstärkung des Steges durch eine Querrippe in der Mitte eine gröfsere Tragkraft und Vermehrung der Seitensteifigkeit zu erzielen. Die damit angestellten Belastungsversuche ergaben aber nicht das erwartete Resultat. Zorès brachte nun ein umgekehrtes T-Eisen in Vorschlag, dessen Herstellung aber auf grofse Schwierigkeiten stiefs. Da kam Chibon im Oktober 1848 auf die Idee der doppelten T-Form. Aber erst im Februar 1849 gelang es den Bemühungen Zorès', dafs dasselbe in Frankreich hergestellt und in Paris verwendet wurde. Zorès, von der Wichtigkeit dieser Trägerform überzeugt, machte nun auf eigene Kosten eine Reihe von Versuchen, die besten Querschnittsformen zu ermitteln, welche von Erfolg gekrönt waren und deren Ergebnisse er in einer vortrefflichen Profilsammlung mit umfangreichen Tabellen über Belastung und Tragfähigkeit veröffentlichte. Seiner Ausdauer und seinem grofsen Fleifs ist es zumeist zu danken, dafs sich das Doppel-T-Eisen so rasch eingeführt hat.

Fig. 256.



Hohlkardeneisen walzte Remy zu Rasselstein ebenfalls schon 1831. Auf dem Lendersdorfer Werke walzte Hösch in der ersten Hälfte der 30er Jahre aufser Winkeleisen auch bereits Fenstereisen, Roststabeisen und Gittereisen.

Wie man bei den Schienen weiches und hartes Eisen zusammenschweifste, so verfuhr man bei den Achsen mit Eisen und Stahl. R. Daelen hatte auf der Hermannshütte zu Hörde ein Verfahren,

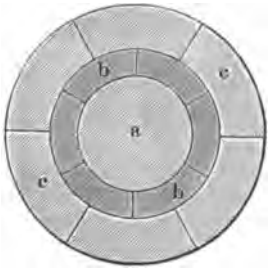
Digitized by Google

das dem James Hardy 1835 patentirten ähnlich war, eingeführt, um Eisenbahnachsen mit Stahloberflächen zu erzeugen. Zu diesem Zwecke bildete er runde Pakete, Fig. 257, mit einem Eisenkern *a* in der Mitte, diesen umgab eine ringförmige Lage von Stahl *b* und hierauf folgte wieder Eisen. Nach dem Auswalzen wurde die äufsere Schicht von weichem Eisen abgedreht, und der Stahl bildete alsdann die Oberfläche.

Ein wichtiger Fortschritt der Walzkunst war eine Maschine zum Walzen ganzer Eisenbahnräder von Thomas Forsyth, worauf dieser am 15. April 1848 ein Patent erhielt[1]).

Von nicht minder grofser Bedeutung war die Erfindung des sogenannten Universalwalzwerkes von R. Daelen im Jahre 1848, um Flacheisen von verschiedener Breite und Dicke zu walzen. Beide Erfindungen gelangten erst im folgenden Jahrzehnt zu praktischer Bedeutung, und werden wir deshalb später auf sie zurückkommen.

Fig. 257.



Daelen hat auch 1847 zu Lendersdorf ein Walzwerk gebaut, auf dem man ganze Kettenglieder für Hängebrücken herstellen konnte.

Ein kompliziertes Walzwerk zur Fabrikation von Hufeisen liefs sich David A. J. Adams von Massachusetts 1831 in den Vereinigten Staaten patentieren.

Die Maschine zur Anfertigung von Spaten und Schaufeln[2]), die sich C. Richmond und L. Cassork in Massachusetts in demselben Jahre durch Patent schützen liefsen, war dagegen eine Kombination von Stanze und Presse.

Von weittragender Bedeutung war die Herstellung von Gasleitungsröhren unter Walzen. Ehe wir diese betrachten, wollen wir zu dem oben angeführten kurz das nachtragen, was über die Fortschritte der Blech- und Drahtfabrikation noch zu erwähnen ist.

Die Herstellung von Hammerblechen, d. h. von unter dem Hammer gebreiteten Blechen, war bereits fast ganz verdrängt durch die Walzblechfabrikation. Mit dem steigenden Bedürfnis, besonders für Dampfkessel und eiserne Brücken, machte man die Blechwalzen schwerer und länger, so dafs man 1840 schon 2,55 m lange Walzen hatte.

---

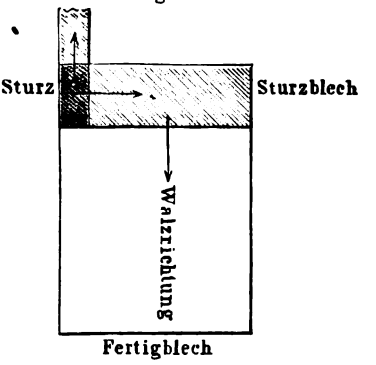
[1]) Polyt. Centralbl. 1849, Nr. 13.

[2]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., Bd. 46, S. 203.

Digitized by Google

Wo der Puddelbetrieb zur Einführung gelangt war, bildete gutes, doppelt geschweifstes Puddeleisen das Material für die Bleche. Die daraus in der Grobeisenstrafse gewalzten Flachstäbe wurden in „Stürze“ geschnitten, deren Länge der Breite der daraus zu walzenden Bleche entsprach. Diese Stürze wurden auf den Vorwalzen, dem Sturzwalzwerk, vorgewalzt, um dann auf dem Blechwalzwerk fertig gewalzt zu werden. Fig. 258 veranschaulicht schematisch (nach Wedding[1]) die Entstehung der Blechtafel aus dem Sturz, wobei die Pfeile die Walzrichtung angeben.

Fig. 258.

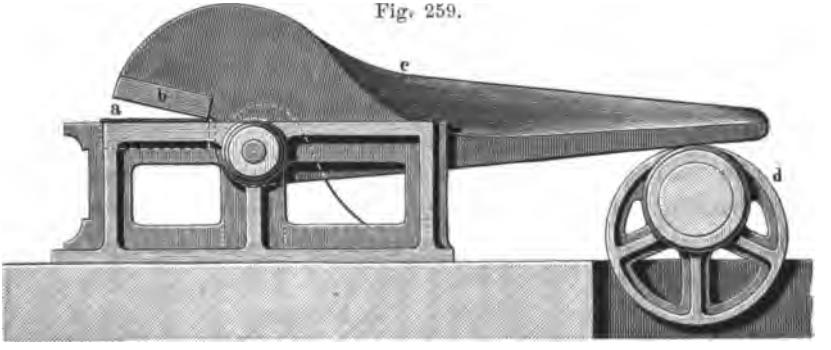


Das Glühen der Bleche geschah in Frankreich und namentlich in Belgien meist in den schon früher beschriebenen fours dormants. Anderwärts wendete man meist Flammöfen als Blechglühöfen an, deren Sohle rechteckig war und bei denen die Arbeitsthür an der dem Rost entgegengesetzten Seite lag.

Das Beschneiden geschah mit Hebelscheren, Fig. 259[2]), wobei man die Mafse mittels daraufgelegter rechtwinkliger Rahmen aufrifs.

Die Einführung eiserner Dächer in England, um welche sich besonders Walker zu Rotherhithe verdient gemacht hatte, führte auch

Fig. 259.



zur Herstellung des gewellten Bleches. Walker stellte anfangs der 30er Jahre zuerst gerieftes und gewelltes Blech (corragulated, furrowed and fluted iron) dadurch her, dafs er rotglühendes Eisenblech zwischen gerieften und gefurchten Walzen durchwalzte. Das Blech

[1]) Wedding, a. a. O., III, S. 853, Fig. 332.
[2]) Wedding, a. a. O., III, Fig. 333.

Digitized by Google

erhielt dadurch eine viel gröfsere Stärke und Tragfähigkeit, und wurden schon ganze Hallen und sonstige Gebäude damit gedeckt[1]).

1849 wurde in England das Schwarzbrennen des Bleches mit Schwefelsäure eingeführt. Das Verzinken des Eisenbleches, die Fabrikation des sogenannten galvanisierten Bleches, erfand Sorelle in Paris 1835.

Auch bei der Drahtfabrikation waren die Walzwerke nicht mehr zu entbehren. Man walzte das Rundeisen bis zur Stärke von 6, in den 40er Jahren bereits bis zu 4 mm aus. Das vorzüglich eingerichtete Drahtwerk von Couvin in Belgien lieferte Walzdraht von 4, sogar von 3 mm Stärke. Die Streckung geschah durch abwechselnde Quadrat- und Ovalkaliber. Bei den Ovalkalibern war die Breite gleich 1,414 r und die Höhe gleich 0,5858 r, wobei r die Seite des umschriebenen Quadrats bedeutet. Aus dem letzten Ovalkaliber ging dann das Eisen noch in ein Rundkaliber von der Höhe des letzten Ovals[2]). Fig. 260[3]) zeigt eine solche Kaliberreihe. Beim Austreten des ca. 60 m langen Drahtes aus den Walzen wurde derselbe auf eine

Fig. 260.

sich drehende Trommel von Eisenstäben aufgewickelt. Von diesen gelangte es in Glühkessel, in denen er schwach geglüht und langsam erkalten gelassen wurde.

Der Walzdraht lieferte das Material für den Drahtzug, der aus dem Haspel, dem Zieheisen und der Leier bestand, wie sie schon Bd. III, S. 461 dargestellt sind, und von denen nichts neues zu erwähnen ist.

Man unterschied im Handel jetzt hauptsächlich drei Drahtklinken, die englische (Jauge anglaise), die französische (Filière française) und die deutsche. Die englische Klinke enthielt 27 Nummern, deren 0 einer Stärke von 8 mm, Nr. 1 7,5 mm, Nr. 2 7 mm, Nr. 3 6,5 mm, Nr. 26 0,5 mm entsprach. Die französische Drahtklinke hatte als 0 eine mittlere Stärke, Passe-perle genannt, von 0,62 mm. Die stärkeren Nummern zählten bis Nr. 24, welche der englischen Nr. 2 gleich war; Nr. 1 über Passe-perle glich der englischen Nr. 22, Nr. 30

---

[1]) Siehe Dingler, Polyt. Journ., 1833, Bd. 47, S. 170 und Mechanic's Magazine, Nr. 485, S. 114.

[2]) Siehe Wedding, a. a. O., III, S. 889.

[3]) Wedding, a. a. O., III, Fig. 338.

Digitized by Google

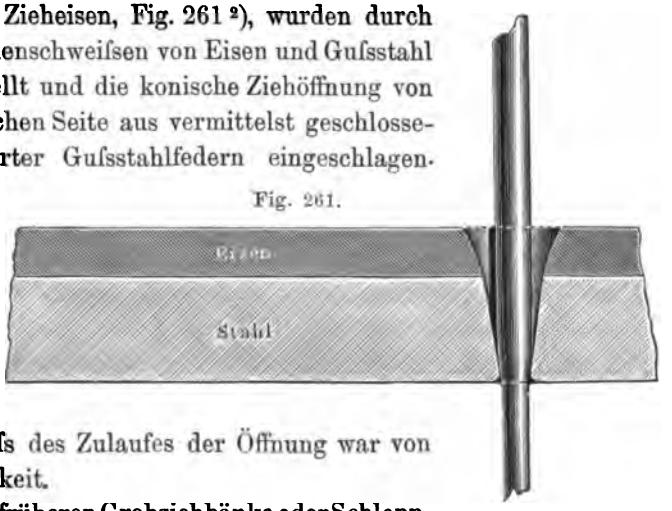
unter Passeperle entsprach dem feinsten Draht, den man aus Eisen ziehen konnte und der zu Klaviersaiten und feinen Metallgeweben angewendet wurde.

Die deutsche Klinke umfafste zwei Reihen, Band und Holl genannt. Die Reihe „Band“ umfafste 10 Nummern, die mit Buchstaben bezeichnet wurden. In der Reihe „Holl“ entsprachen die von 1 bis 6 zunehmenden Nummern abnehmenden Stärken. Das 6. Band war Nr. 21 und der 2. Holl Nr. 25 der englischen Klinke gleich.

Eine einfachere, richtigere, auf mathematischen Grundsätzen beruhende Klinke hatte der Engländer Aitkin in Vorschlag gebracht [1]); dieselbe hat aber keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die Zieheisen, Fig. 261 [2]), wurden durch Zusammenschweifsen von Eisen und Gufsstahl hergestellt und die konische Ziehöffnung von der weichen Seite aus vermittelst geschlossener, harter Gufsstahlfedern eingeschlagen.

Fig. 261.



Das Mafs des Zulaufes der Öffnung war von Wichtigkeit.

Die früheren Grobziehbänke oder Schleppzangenbänke waren durch das Walzen des Drahtes ganz überflüssig geworden. Der gewalzte Draht kam jetzt gleich auf den Mittelzug und von da auf den Feinzug.

Auf den vermehrten Drahtverbrauch war die Erfindung und Anwendung der Drahtseile von Einflufs. Diese sind als eine Erfindung des Oberbergrats Albert in Clausthal anzusehen, der 1834 auf den Gedanken kam, Seile aus Draht in derselben Weise wie aus Hanfsträngen zusammenzudrehen. Er wendete dazu den Eisendraht Nr. 12 der Königshütte im Harz an und erzielte den besten Erfolg [3]). Die Handseilerei wurde bald durch Maschinenarbeit verdrängt, und rasch fanden die eisernen Treibseile aus Draht Eingang. 1835 wurden

[1]) Vgl. Le Blanc und Walter, Handb. d. Stabeisenfabrik., S. 421.
[2]) Wedding, a. a. O., III, Fig. 341.
[3]) Siehe Karstens Archiv 1835, Bd. 8, S. 418.

Digitized by Google

schon die ersten Drahtseile in den ungarischen Bergwerken verwendet, und Wurm erfand seine Seilmaschine.

Eine andere verwandte Erfindung aus dem Jahre 1832 verdient hier Erwähnung, es waren dies die gegliederten, sogenannten Sicherheitsketten von Galle[1]). Diese Ketten bildeten gewissermafsen eine gegliederte Zahnstange, in welche ein Zahnrad eingreifen konnte. Man konnte sie zum Heben beträchtlicher Lasten benutzen.

Die Fabrikation zwischen Walzen geschweifster Rohre war zuerst in England, wo die Gasbeleuchtung immer mehr Anwendung fand, zu einem wichtigen Industriezweige geworden. Cornelius Whitehouse zu Wednesbury war 1825 die Fabrikation geschweifster Rohre, welche namentlich als Gasrohre sehr begehrt waren, gelungen. Er hatte seine Rohre schweifswarm durch Zieheisen gezogen. Th. H. Russel zu Birmingham verbesserte das Verfahren 1836, indem er die Eisenschienen unter Walzen in die annähernd richtige Rohrgestalt bog und sie dann weifsglühend durch Zieheisen zog. Gandillot in Paris führte 1840 das Biegen mit einer Hebelpresse aus. Auf der Hütte zu Abainville (Depart. Maas) liefs Rigaud 1846 das Bandeisen noch in einer Rinne mit Hämmern biegen und dann in zwei Schweifshitzen durch zwei Zieheisen ziehen. Das Schweifsen geschah aber auch statt in Zieheisen zwischen Walzen. J. J. Russel und Th. H. Russel bedienten sich dazu 1844 und 1845 einer Walze, nachdem sie schon früher die Röhren mit einer Schleppzange durch die Walzen, die in diesem Falle als Zieheisen dienten, gezogen hatten. Ein eigenartiges Walzwerk aus drei oder vier nach Art einer Seilrolle auf der Randfläche ausgehöhlten Scheiben, durch deren Zusammenstellung sich die runde Öffnung zur Durchführung des Rohres bildete, hatte Richard Prossen von Birmingham 1840 eingeführt. Charles Fox nahm am 24. Febr. 1847 ein Patent auf das Schweifsen von Eisen unter hydraulischen Pressen (Nr. 11598).

Maschinenfabrikation 1831 bis 1850.

Eine bedeutende Zunahme erfuhr der Eisenverbrauch durch den Aufschwung der Maschinenfabrikation in dieser Periode. Der Bau von Dampfschiffen und Eisenbahnen gab hierzu den mächtigen Anstofs. In allen Zweigen der Industrie suchte man bereits die Menschen-

[1]) Siehe Bulletin de la Société d'encouragement, Oktober 1832 und Dingler, Polyt. Journ. 1833, Bd. 48, S. 42.

Digitized by Google

arbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen. Zur besseren Bearbeitung des Eisens wurden die Werkzeugmaschinen verbessert, und erwarben sich besonders Whitworth und Nasmyth in England hierin unsterbliche Verdienste; in Frankreich war es Cavé zu Paris, der viele Neuerungen einführte.

An der Verbesserung der Drehbänke, des wichtigsten Werkzeuges bei der Maschinenfabrikation, arbeiteten aufser den oben Genannten noch Sharp & Comp. in Manchester, Saulnier in Paris, Hartmann und Zimmermann in Chemnitz und Heusinger von Waldegg. Man baute Parallel- oder Cylinderdrehbänke bis zu 10 m Länge und Plan- oder Scheibendrehbänke bis zu 6 m Durchmesser.

An den Hobelmaschinen brachten besonders Whitworth und Haley in Manchester Verbesserungen an.

Stofs- oder Stanzmaschinen kamen zu Anfang dieser Periode in England auf, 1839 lernte man dieselben in Deutschland kennen und seit 1840 verlegten sich die Franzosen mit Eifer auf den Bau derselben. In England machten sich Sharp, Whitworth und Bodmer, in Frankreich Cavé, Decoster und Cartier, Mariotte und Pihet um dieselben verdient.

Für die Herstellung von Feilmaschinen zum Bearbeiten von Guís- und Schmiedeeisen hat sich Nasmyth besonderes Verdienst erworben. Bereits 1829 erfand er eine Maschine, um viereckige oder sechseckige Schraubenmuttern mit einer rotierenden Feile zu bearbeiten. Um 1840 erbaute Nasmyth Feilmaschinen.

Nahe verwandt damit sind die Fraismaschinen, welche ebenfalls in dieser Periode in Aufnahme kamen und besonders zwischen 1830 und 1835 von Nasmyth, Sharp und Haley angefertigt wurden. In Frankreich wurden sie 1840 von Sandford und Warral, 1842 von Decoster in Paris und 1847 von Paul in Havre nachgebaut. 1849 konstruierte Kilner zu Sheffield eine Fraismaschine, um Eisenbahnräder äufserlich abzufraisen, statt abzudrehen. Die Fraismaschinen erlangten besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika eine sehr mannigfaltige Verwendung.

Schrauben- und Bolzenschneidmaschinen verfertigten besonders Fox, Whitworth, Sharp und Roberts in England und Decoster in Paris. Whitworth in Manchester, der das grofse Verdienst hat, (1841) ein einheitliches, auf bestimmten Grundsätzen beruhendes Gewindesystem eingeführt zu haben, erfand auch (1834) die beste Schraubenschneidkluppe mit drei Backen.

Die Bohrmaschinen fanden grofse Verbreitung in dieser Periode

Digitized by Google

und wurden verbessert von Maudslay, Sharp und Roberts, Whitworth, Lewes u. a. in England, von Raymond (1841) und Cavé (1842) in Paris, von Borsig in Berlin und Pfaff in Chemnitz (1843), von Mannhard in München (1848).

Verbesserte horizontale Kanonenbohrmaschinen konstruierten General Huguenin und Major Fréderic in Lüttich, Reichenbach zu Augsburg und Freund in Berlin.

Den Durchschnitt oder die Lochmaschine verbesserten Cavé (1836) und Thonnelier (1840) zu Paris, Mannhard in München und Gegembre und Hosking in England (1836). — William Fairbairn erfand 1839 eine Maschine zum Nieten der Schiffsbleche mit Dampf.

Im Jahre 1833 trat der geniale schwedische Mechaniker Ericson mit seiner Kalorischen Maschine auf, hatte aber damit damals in Europa keinen Erfolg, weshalb er 1839 nach Amerika ging. Demselben Ericson verdankt man auch zumeist die Einführung der Schiffsschrauben an Stelle der Schaufelräder, was eine Revolution im Schiffsbau hervorrief, welche auch auf die Eisenindustrie einwirkte. Ericsons erstes gröfseres Schraubenboot (serew-propellor) war der Ogden von 45 Fufs Länge, mit dem er im Frühjahr 1837 das amerikanische Paketschiff Toronto von 630 Tonnen Tragkraft die Themse hinauf bugsierte. 1836 hatte F. P. Smith bereits ein Patent auf eine Schiffsschraube erhalten. Dieses wurde 1839 von der Ship Propellor Company angekauft und ausgebeutet.

Die Maschinenscheren wurden in dieser Periode ebenfalls sehr vervollkommnet und fanden namentlich in den Walzwerken und bei der Blechfabrikation allgemeine Anwendung. Die Stockscheren verbesserte Liebherr in München 1835. Maschinenscheren lieferten Gladstone (1843) in England und Cavé (1846) und Karr (1848)[1]) in Frankreich. In England konstruierte man auch verschiedenerlei Doppelscheren. Parallel- oder Guillotinenscheren konstruierten Geneste (1844) und Lemaitre (1848) in Paris. Robert in England verband 1848 die Parallelschere mit dem Durchstofs.

Für viele einzelne Industriezweige wurden Arbeitsmaschinen konstruiert, von denen wir hier nur die Maschinen zur Herstellung von Nägeln, Stiften, Holzschrauben, Steck- und Nähnadeln erwähnen wollen.

Die Nägel wurden teils in glühendem Zustande durch Walzen, Pressen oder Schmieden hergestellt, oder sie wurden kalt geschnitten,

[1]) Armengaud, Publication industrielle, 6. Vol., p. 63—69.

Digitized by Google

gespitzt und geköpft. Das Nagelwalzwerk wurde weiter ausgebildet von Tyndall (1827) und Tyrrel (1840). Ryder zu Bolton erfand eine Schmiedemaschine, die von Verschiedenen zum Nägelschmieden eingerichtet wurde. Besondere Maschinen zur Anfertigung von Nägeln aus glühendem Draht erfanden Fuller (1834), Stocker (1836) und Lamert (1848) in England.

Für die Herstellung geschnittener Nägel ersannen Maschinen W. Church zu Birmingham (1831), Ledsam und Jones (1831), B. P. Walker in Wolverhampton, Stolle in Strafsburg (1830), Massion zu Mahon (1845), Bacaresse zu Paris (1849) und Brezol zu Romery (1850); Franz Wurm in Wien (1835) und Dostal zu Herzogenbusch in Unterösterreich (1839).

Eigentümliche Nagelmaschinen, die den Nagel in einer Folge fertig machten, kamen 1830 in England auf und wurden verbessert von Lolot zu Charleville (1835), Mallet und Stocker zu Paris (1844). Maschinen für einfache Zwecke fertigten Sirot (1834) und Magh-Leville (1844) in Valenciennes.

In Amerika stand bekanntlich die Blechnägelfabrikation, die schon seit dem Ende des 18. Jahrhunderts mit Maschinen betrieben wurde, in hoher Blüte, so dafs die Vereinigten Staaten sogar einen beträchtlichen Export von geschnittenen Nägeln hatten, z. B. im Jahre 1840 1100 Tonnen. Eine gute Maschine lieferte 30000 bis 60000 Stück Blechnägel pro Tag. Die Maschinennägel verdrängten in den Vereinigten Staaten die Handnägel, während sich die Handnagelschmiederei in England neben der Maschinenfabrikation noch in ausgedehntem Mafse erhielt.

Die Drahtstiftenfabrikation hatte namentlich zu Paris eine grofse Ausdehnung gewonnen und wurde ausschliefslich mit Maschinen betrieben. In den Jahren 1822 bis 1855 wurden in Frankreich über 40 Erfindungspatente für Drahtstifte erteilt. Eine vortreffliche Maschine für Stifte mit gepreßten vierkantigen Spitzen erfand Fiants in Paris 1836. Grofsen Ruf genossen die von Stoltz 1838 erfundenen Stiftemaschinen. Die Nürnberger Fabrikanten Werder und Zeller und Greifs erhielten in Bayern Patente auf Drahtstiftenmaschinen.

Das Herstellen von Nieten mit Maschinen kam in England in den Jahren 1835 bis 1840 auf. Fairbairn in Manchester erfand die erste Nietmaschine 1838. Die von W. Fairbairn & Sons in Manchester gebauten Nietpressen, welche 360 bis 480 Niete in der Stunde vernieteten, beruhten auf dem Princip des Kniehebels.

Zur Herstellung von Holzschrauben durch Druck erfand Mac-

Digitized by Google

Cornick 1849 eine Maschine. Die von Broman 1851 eingeführte soll aus Amerika stammen.

In der Nadelfabrikation wurden zahlreiche neue Maschinen eingeführt, von denen wir von Stecknadelmaschinen die englischen von Slocum (1835) und Coats (1840) und die französischen von Renaud in Paris (1844) nennen. Pastor in Aachen führte in den 30er Jahren viele Verbesserungen bei der Nähnadelfabrikation ein.

Seit 1830 datiert auch der Aufschwung der Stahlschreibfedern, woran James Perry hervorragendes Verdienst hat.

Die Fortschritte der Feuerwaffen übten ebenfalls ihren Einfluſs auf die Eisenindustrie, von der sie zum Teil ausgegangen waren, aus. Man fing an, bei den Handfeuerwaffen den Hinterladern gröſsere Beachtung zu schenken. 1831 und 1832 konstruierten Robert und Lefaucheux in Paris ihre Hinterlader, welche groſses Aufsehen erregten. Die wichtigste Erfindung war aber die des Zündnadelgewehres von Nikolaus Dreyse in Sömmerda, welche eine Revolution in der Feuerbewaffnung herbeiführte. Schon 1828 hatte der geniale Schlosser Dreyse sein Gewehr als Vorderlader konstruiert, welches er dann 1835 als Hinterlader ausführte. Preuſsen erwarb dasselbe und begann es allmählich in seiner Armee einzuführen. 1849 bestand es in Baden seine erste Feuerprobe im Ernstkampfe. Ebenso fällt die Erfindung des Revolvers von Samuel Colt in Hartford in Connecticut im Jahre 1835 in diese Periode.

Bei der Herstellung der besseren Flintenläufe zu Birmingham in England war man wenigstens teilweise zur Anwendung des Stahls übergegangen. Früher hatte man die besseren Läufe aus alten Hufnägeln verfertigt. Ende der 20er Jahre führte Adam in Wednesbury die sogen. Damascenerläufe ein, welche aus abwechselnden Lagen von Stahl- und Eisenstäben, welche erst zusammengedreht waren, geschweiſst wurden. Dann verband man Stahl mit Hufeisennägeln im Verhältnis von 1 zu 2. Hierauf folgte die Herstellung der Läufe nur aus altem Stahl, wozu meist alte Kutschenfedern ausgesucht wurden. Greener nahm den reinen Guſsstahl Nr. 3, schnitt die flachen Stäbe davon in Stücke, die er wiederholt in Gebläseöfen zusammenschweiſste und auswalzte. Diese Läufe übertrafen alle früheren an Festigkeit und Zähigkeit.

Krupp schmiedete die ersten Gewehrläufe aus reinem Guſsstahl in Deutschland. Die ersten Versuche, Büchsenläufe aus Guſsstahlstangen zu bohren, gehen bis 1845 zurück [1]).

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1894, S. 655.

Digitized by Google

Durch Dreyses Zündnadelgewehr kamen auch die gezogenen Gewehrläufe zur Einführung bei der Armee.

1849 wurde das erste von Friedrich Krupp gelieferte Gufsstahlgeschütz von der preufsischen Armeeverwaltung probiert und bewährte sich glänzend.

Die Stahlfabrikation 1831 bis 1850.

Die Stahlfabrikation machte in dieser Periode einen wichtigen Fortschritt durch die Erfindung des Stahlpuddelns. Dieses Ereignis fällt in die letzteren Jahre derselben. Sonst sind kaum Neuerungen auf diesem Gebiete anzuführen. Anfangs der 30er Jahre machte Macintosh zu Glasgow Versuche, die Cementation des Stabeisens mit Kohlenwasserstoffgas (Leuchtgas) zu bewerkstelligen, worüber Dufrénoy 1834 einen Bericht veröffentlicht hat[1]).

Macintosh benutzte dazu Röhren von feuerfestem Thon. Jedes Rohr wurde mit 100 bis 150 engl. Pfd. Stabeisen chargiert. Das Gas wurde durch Destillation von Steinkohlen erzeugt. Die Röhren lagen in einem Feuer und wurden zur Rotglut erhitzt. Die angewendeten Stäbe waren 2 Zoll breit und 6 Linien dick. Die Operation dauerte 18 bis 20 Stunden. Die Cementation gelang vollständig. Man mufste vorsichtig sein, damit keine Unterkohlung eintrat. Das Produkt zeigte kleine Blasen. Macintosh war der Ansicht, dafs dieser Prozefs wohl mit dem üblichen Brennstahlverfahren konkurrieren könne.

Die Litteratur über den Stahl in diesem Zeitabschnitt ist eine ziemlich reichhaltige. Wir erwähnen davon die Abhandlung eines Praktikers Damemme in Paris[2]), welche sich hauptsächlich mit der Behandlung des Stahles befafst.

Über das Stahlfrischen im Siegerlande hat der Oberhütteninspektor Stengel in Lohe[3]) und über das Stahlfrischen in Steiermark und Kärnten P. Tunner[4]) sehr gute Arbeiten geliefert.

Zwei sehr wichtige und lesenswerte Abhandlungen über die englische Stahlfabrikation hat Le Play in den Annales des mines veröffentlicht. Die eine handelt über die Cement- und Gufsstahlfabri-

[1]) Siehe Annales des mines, 3. Série, V, 171.

[2]) Damemme, Essai pratique sur l'emploi où la manière de travailler l'acier 1835. Deutsch bearbeitet von Karmarsch, Quedlinburg und Leipzig 1839.

[3]) Stengel, über das bei Koks erblasene Rohstahleisen und den daraus hergestellten Rohstahl in Karsten und von Dechens Archiv, Bd. 18, S. 260. Über den Rohstahlfrischprozefs auf der Lohhütte in Siegen, S. 200.

[4]) P. Tunner, Der wohlunterrichtete Hammermeister, 1846.

Digitized by Google

kation in der englischen Provinz York und Vergleichung der europäischen Hauptgruppen von Stahlwerken 1843 (l. c., 4. Serie, III, 583); die andere über die Darstellung des zur Stahlfabrikation angewendeten Stabeisens im nördlichen Europa und über den Handel mit demselben und seine weitere Benutzung 1846 (l. c. IX, 113).

Le Plays Ausführungen beweisen, dafs das schwedische Stabeisen für die Cementstahlfabrikation das beste Material lieferte, dafs Frankreich ein ähnliches Material nicht hervorbrachte, dafs es deshalb ein Irrtum war, darauf zu beharren, aus französischem Eisen Cementstahl machen zu wollen, der mit dem englischen an Güte konkurrieren sollte. Le Plays Abhandlung ist wohl die gediegenste Arbeit über Cement- und Gufsstahlfabrikation, die bis zu dieser Zeit erschienen war.

Mehr von theoretischem Interesse ist Schafhäutls beachtenswerter Artikel „Stahl" in der technischen Encyklopädie von Prechtl (Bd. 15, 1847). Er stellt darin den Satz auf, dafs der Kohlenstoff zwar der wichtigste chemische Bestandteil des Eisens zur Stahlbildung sei, dafs Kohlenstoff allein aber das Eisen nicht in Stahl verwandle, sondern dafs gleichzeitig auch eine gewisse Menge Silicium zur Stahlbildung nötig sei. Ähnlich dem Kiesel wirkten auch kleine Quantitäten von Phosphor, Arsenik, Chrom, Nickel, Silber u. s. w. Auch dem Aluminium schrieb er eine dem Silicium ähnliche Rolle im Stahl zu. Der Stahl sei als ein Gemenge verschiedener Carburete anzusehen. Hieraus erkläre sich der Damast, der durch Umschmelzen nicht zerstört werde. Schafhäutl gab bei mehreren Stahlanalysen auch einen nicht unbeträchtlichen Stickstoffgehalt an, doch waren seine Angaben zu hoch, wie Marchand nachwies [1]).

Dafs das schwedische Dannemora-Eisen das vortrefflichste Material für den Cement- und Gufsstahl ist, liegt nach Schafhäutl daran, dafs es von Haus aus schon mehr Kohlenstoff (0,8 Proz.) enthält, als andere Stabeisensorten. Dies läge nicht sowohl an dem Roheisen, aus dem es erblasen werde, als an der Art der Bereitung. Nur die Wallonfrischerei, an der man dort noch festhielt, bewirke, dafs die zum Stahl wesentlich erforderliche Kohlenkieselbildung nicht zerstört werde. Dannemora-Eisen in anderer Weise gefrischt, liefere kein besseres Material als jedes andere Eisen. Sind auch viele Angaben Schafhäutls übertrieben und manche paradox, so ist die Abhandlung doch reich an treffenden Beobachtungen.

[1]) Siehe Journal f. prakt. Chemie, Bd. 49, 351.

Digitized by Google

Über Stahlfabrikation wurden zahlreiche englische Patentbeschreibungen in dieser Periode veröffentlicht.

1819 nahm Stephan Bedford ein Patent, verschlacktes Eisen (vitrified iron) und Eisenabfälle mit Eisenerz lagenweise geschichtet in einem Windofen (air furnace) zu Stahl einzuschmelzen.

1824 schlug John Thomson zum Schmelzen von Stahl anstatt der Tiegelöfen einen Flammofen ähnlich einem Puddelofen, in welchen Schmelztöpfe eingesetzt wurden, vor.

Charles Macintoshs Patent (Nr. 5173), das oben angeführt wurde, ist vom 14. Mai 1825.

Ein Patent von J. J. Hawkins von 1836 (Nr. 7142) schlägt vor, geröstetes Eisenerz in Kohle einzusetzen und zu glühen, ähnlich wie man das Schmiedeeisen cementiert. Auch hält er die Cementieröfen für besonders dazu geeignet. Er will auf diese Art reduziertes und gekohltes Eisen von verschiedenem Kohlengehalt erzielen, das dann entweder zu Gufseisen oder Gufsstahl geschmolzen, oder in Puddelöfen durch Puddeln, Aufbrechen und Luppenmachen in schmiedbaren Stahl (malleable steel) oder Eisen verwandelt werden kann. Das Patent ist von Interesse, weil darin das Stahlpuddeln erwähnt wird.

J. M. Heath nahm 1839 ein Patent (Nr. 8021) auf das Ausschmelzen von reinem Eisenoxyd oder Eisencarbonat mit reinem Brennmaterial ohne alle erdigen Zuschläge. Dieses reine Gufseisen schmilzt er dann in einem Kupolofen mit reinem Kalk, Anthracit oder Holzkohle und setzt eine entsprechende Menge Eisenspäne, reines Eisen- oder Manganoxyd oder Chrom zu und läfst den erhaltenen Gufsstahl in Ingots laufen. Um weicheren Stahl zu bekommen, glühte er die Blöcke in Cementieröfen mit Eisen- oder Manganoxyd. Um Gufsstahl zu erhalten, empfahl er noch einen Zusatz von Mangancarburet. Am 4. August 1845 nahm er ein weiteres Patent für die Fabrikation von Gufsstahl. Gufseisen sollte in einem Behälter bei höchster Hitze auf glühendes, reines Eisen geleitet werden, so dafs es dieses auflöste. Der Behälter könne ein Feineisenfeuer oder ein Herd sein. Um die Hitze zu steigern, solle man Ströme von Kohlenoxydgas mit Sauerstoff oder erhitzter Luft verbrennen. Von Zeit zu Zeit sollten Proben genommen und dann der Stahl, wenn er gut ist, in Formen gegossen werden. Es ist dies annähernd dasselbe Verfahren, welches später als Siemens-Martinprozefs zu grofser Bedeutung gelangte.

Die Erfindungen von Josiah Marshall Heath, namentlich die Verbesserung der Gufsstahlfabrikation durch den Zusatz von Mangancarburet, waren von grofser praktischer Bedeutung, leider gehörte auch

Digitized by Google

Heath zu den Erfindern, welche den Lohn ihres Verdienstes nicht fanden. Heath hatte zuerst Eisenwerke zu Porto novo in Ostindien gegründet, um die Erze, aus welchen die Indier den Wootzstahl darstellten, auszubeuten. Dies gelang ihm, und er bereitete nach dem in seinem ersten Patent beschriebenen Verfahren einen sehr guten Stahl. Er nahm aber erst ein Patent, als illoyale Konkurrenten, welche ihm seine Erfindung stehlen wollten, ihn dazu zwangen. Indem er seine Versuche fortsetzte, kam er zu der Fabrikation von Gufsstahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Stabeisen und der Kohlung und Reinigung durch Mangancarburet. Hierfür nahm er sein zweites Patent erst 1845. Als er nun im Verfolg seiner Untersuchungen fand, dafs der Prozefs ebensogut verlief, wenn er die Mischung von Manganerz und Teer direkt im Tiegel statt des vorher geschmolzenen Mangancarburets zusetzte, was bedeutend billiger war, teilte er dies seinem Agenten Unwin in Sheffield vertrauensvoll mit, ehe er diese neue Erfindung durch ein Patent geschützt hatte. Dieser benutzte in treuloser Weise Heaths Mitteilung in seinem eigenen Interesse. Der Erfinder wurde dadurch des Vorteils seiner Erfindung beraubt und in kostspielige und aufregende Prozesse verwickelt, die seinen Tod beschleunigten.

Die Patente von Josiah Marshall Heath waren von grofser Wichtigkeit und fanden in England gerechte Beachtung. Die letzterwähnte Erfindung von Heath wurde namentlich von den Sheffielder Stahlfabrikanten ausgenutzt. Der Prozefs gegen Unwin endete erst mehrere Jahre nach Heaths Tode im Jahre 1855 zum Nachteil seiner Erben. Mushet hat berechnet, dafs bis zu diesem Zeitpunkte die Erfindung, welche den Preis des Gufsstahls in Sheffield von 40 £ auf 30 £ erniedrigte, England eine Ersparnis von 2000000 £ erbracht hätte, während es gleichzeitig die englische Gufsstahlfabrikation unabhängiger von der Einfuhr schwedischen und russischen Stabeisens gemacht hatte.

Das nachfolgende Patent von W. Vickers aus dem Jahre 1839 beruht auf ähnlicher Grundlage. W. Vickers will statt Cementstahl Schmiedeeisenspäne mit Manganoxyd und Kohle in Schmelztiegeln schmelzen und zwar im Verhältnis von 100 Pfd. Schmiedeeisen zu 2 Pfd. schwarzem Manganoxyd und 3 Pfd. Kohlen; statt der Holzkohle könne man auch 28 Pfd. Gufseisen und weitere 3 Unzen Manganoxyd nehmen (1839, Patent Nr. 8129).

R. Roberts will (1840) die Einsatzhärtung dadurch ersetzen, dafs er das Schmiedeeisen rotglühend in flüssiges Gufseisen eintaucht.

Digitized by Google

Henry Brown will (1841) Stahl in der Weise darstellen, dafs er Feineisen wie gewöhnlich puddelt, den Prozefs aber, sobald der körnige Zustand (granulated state) des Roheisens erreicht ist, unterbricht, die Masse herausnimmt, nach dem Erkalten mahlt und siebt und das Pulver mit Holzkohle gemengt in Töpfen cementiert. Das zu einem Kuchen zusammengebackene Produkt wird dann zerschlagen, sortiert und in Tiegeln wie gewöhnlich geschmolzen (1841, Nr. 8930). Ein weiteres Patent für Stahlbereitung nahmen Gregory und Green (Nr. 8959) am 14. Mai 1841.

J. Boydell jun. will dadurch guten Werkzeugstahl (metal for edge-tools) darstellen, dafs er Schmiedeeisen mit Koks in einem Kupolofen schmilzt und dieses Produkt puddelt, in Stäbe walzt und diese dann cementiert und schmilzt (1843, Nr. 9607). In einem zweiten Patent vom 7. April 1843 (Nr. 9690) beschreibt er die Fabrikation von Verbundmetall, bestehend aus Stahl und Eisen, namentlich von Stahlachsen mit Eisenkern durch Schweifsen. Ein ähnliches Patent für Randbandagen nahm der bedeutende Stahlfabrikant Charles Sanderson am 4. November 1845.

Charles Low machte eine Mischung von 42 Tln. Manganoxyd, 8 Tln. Graphit, 14 Tln. Holzkohle und 2 Tln. Salpeter. Von diesem Gemenge setzte er 66 Tle. zu 480 Tln. Eisen und schmolz es im Schachtofen, oder er fügte die Mischung nach und nach im Puddelofen zu. Dadurch erhielt er ein festeres, sehnigeres Stabeisen, welches sich in guten Stahl durch Cementation verwandeln liefs. Dieses Eisen konnte man im Schmelztiegel unter Zusatz von obiger Mischung zu Gufsstahl schmelzen (25. Mai 1844, Nr. 10204)[1]).

Der Franzose Chenot nahm am 31. Dezember 1846 ein Patent in England auf sein Verfahren, Eisenerze zu einer schwammartigen Masse von ungekohltem Eisen zu reduzieren, diesen Eisenschwamm dann mehr oder weniger zu kohlen, um so Schmiedeeisen, Schweifsstahl, Gufsstahl und schliefslich Gufseisen zu erhalten. Die Reduktion geschah in Retorten bei niedriger Temperatur, das Schweifsen oder Schmelzen in entsprechenden Öfen bei sehr hoher Temperatur. Wir werden später noch Veranlassung haben, auf diesen Prozefs von Chenot zurückzukommen.

Ein ähnliches Verfahren (Patent vom 4. Juli 1849, Nr. 12687) wurde von Sir Francis Charles Knowles erfunden.

Auch in Deutschland fehlte es nicht an Versuchen, Verbesserungen

[1]) Siehe auch Patent 10470 von J. J. Osborne vom 16. Januar 1845 und 11810 von Moses Poole vom 20. Juli 1847.

Digitized by Google

in der Stahlfabrikation einzuführen. Auf das Verfahren, Stahl durch Zusammenschmelzen von Stabeisen mit Spiegelroheisen zu erzeugen, nahm Alois Obersteiner Anfang der 30er Jahre ein Patent. Indessen fehlte es dem so erzeugten Stahl an Festigkeit. Besser wurde dasselbe, als Obersteiner statt des Spiegeleisens die bei der echten Brescianarbeit in der Paal aus „Refudie" dargestellte Blatteln nahm. Mancher Stahl fiel nun ganz vorzüglich aus, manche Stangen zeigten aber auch wieder grofse Ungleichheiten. Nach mehrjährigem Probieren wurde das Verfahren aufgegeben.

Dieselben Versuche nahm später Stengel auf Veranlassung Karstens wieder auf.

Die Erfindung des Stahlpuddelns lag scheinbar so nahe, und doch wurde sie erst Ende der 40er Jahre zu einem erfolgreichen Ziele geführt. Schon Cort war der Ansicht gewesen, dafs man im Puddelofen auch Stahl erhalten könne. Aber dies geschah nicht man erhielt beim Puddeln nur weiches Eisen. 1824 sprach Bréant die Ansicht aus, man müsse aus dem dunkelsten Roheisen durch Zusatz von Eisenoxyd im Flammofen Stahl erzeugen können.

Vandenbroek erhielt im folgenden Jahre bei seinen Versuchen, Frischschlacken im Flammofen zu verschmelzen [1]), aus folgenden beiden Mischungen:

	I.	II.
Eisenerz	300 Pfd.	300 Pfd.
roher Kalkstein	140 „	160 „
Kohlenstaub	2 Kbffs.	2 Kbffs.
halbiertes Brucheisen . . .	600 Pfd.	800 Pfd.

ein stahlartiges Feinmetall, welches sich durch den Puddlingsfrischprozefs in ebenso guten Rohstahl, als dies durch die gewöhnliche Methode in den Rohstahlfeuern geschehen kann, verwandeln liefs.

1834 wurden zu Limburg an der Lenne und zu Weyerhammer in Bayern Versuche gemacht, Stahl im Puddelofen zu erzeugen.

Joseph Schlegl, Müller und Mayr erzeugten nach Tunner 1835 zu Frantschach in Kärnten Puddelstahl, und der Direktor Anton Schlegl zu Prevali nahm am 4. November 1836 ein Patent [2]) auf den Prozefs, ohne aber damit einen Erfolg zu erzielen. 1841 wurde das Patent für erloschen erklärt.

1839 stellte der Hütteninspektor Stengel zu Wetter a. d. Ruhr

---

[1]) Siehe Karstens Archiv 1826, XI, 311.

[2]) Siehe Tunner, Jahrbuch von Leoben III, S. 282. Stahl und Eisen 1886, S. 224, wo der Wortlaut der Patentbeschreibung abgedruckt ist.

Digitized by Google

Versuche an, Stahl aus Siegenschem Rohstahleisen zu puddeln [1]). Er erhielt auch Stahl, der aber eisenstreifig war. 1844 wurden diese Versuche auf dem Puddelwerke von Ebbinghaus & Co. zu Wickede a. d. Ruhr bei Hagen durch den Faktor Kolbe und 1845 von Stengel auf dem Puddelwerke von Huth an der Geitebrücke bei Hagen fortgesetzt; um dieselbe Zeit wurden ähnliche zu Mägdesprung am Harz gemacht.

1846 erhielt Hütteninspektor Zintgraff von Siegen zu Wickede und dann zu Geisweide bei Siegen befriedigende Resultate, In demselben Jahre erhielt Bischof in seinem Gasofen zu Mägdesprung Puddelstahl. Auch zu Weyerhammer waren schon vor dieser Zeit mehrere Jahre hindurch die Versuche mit Stahlpuddeln fortgesetzt worden, und gelang es Franz Xaver Schmidt, Stahl im Puddelofen zu erzeugen [2]). Um dieselbe Zeit machten auch die Franzosen Morel, Petin und Gaudet Versuche, ohne damit ans Ziel zu kommen, ebenso Schneider in Creusot. Seit 1847 beschäftigte sich der Chemiker Anton Lohage zu Unna mit demselben Gegenstande. Dieser verband sich 1849 mit Gustav Bremme, welcher 1847 bis 1848 Versuche über Adduzieren von Gufseisen zu Stahl gemacht hatte, um die von diesem erlangten Erfahrungen über das Stahlpuddeln auszunutzen.

Gustav Bremme, vordem Graveur in Unna, hatte bei seinen Versuchen gefunden, dafs, wenn man Gufsstücke aus grauem Roheisen bei Rotglut behandelte, dieselben in Stahl übergingen und sich erst bei fortgesetzter Behandlung in Weifsglut in Schmiedeeisen verwandelten. Lohage wollte diese Erfahrung zur Fabrikation von Stahl in der Weise ausnutzen, dafs er das Adduzieren bei Rotglut in grofsem Mafsstabe einrichtete, Bremme bestand aber darauf, die Umwandlung im Puddelofen vorzunehmen, was nach seiner Ansicht bei richtiger Führung des Prozesses keine Schwierigkeiten darbot. Er drang mit dieser Ansicht durch und ist deshalb in erster Linie als der Erfinder des Stahlpuddelns, wie es nachher in Westfalen ausgeführt wurde, anzusehen [3]).

Bremme und Lohage gründeten zum Zwecke der Ausbeutung ihrer Erfindung 1849 die Firma Lohage, Bremme & Comp. in

[1]) Siehe Wedding, a. a. O., S. 121. Nach Düber geschah dies 1840 auf dem Eisenwerke Geitebrücke bei Hagen. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufs. Staate II, 161.

[2]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 226.

[3]) Siehe Fehland, Geschichtliches über die Puddelstahlfabrikation in Stahl und Eisen 1886, S. 224.

Digitized by Google

Unna und nahmen Gustav Lehrkind, damals Geschäftsführer und Teilhaber des Puddlingswerkes Lehrkind, Falkenroth & Co. zu Haspe, als Teilhaber auf, um auf dem genannten Walzwerke ihr neues Verfahren der Stahlbereitung zur Ausführung zu bringen. Ihre noch im Jahre 1849 angestellten Versuche waren von gutem Erfolge begleitet. Dasselbe war auf den Werken von Röhr, Böing & Comp. zu Limburg a. d. Lenne und zu Hörde der Fall. Dagegen gelang es Lohage und Bremme nicht, in Preufsen für ihr Verfahren Patentschutz zu erlangen. Bremme erwarb im folgenden Jahre für sich ein Patent für Österreich. Ferner erwarben die Erfinder Patente in Hannover, Belgien und anderen Staaten, und Ingenieur Fehland, welcher im Frühjahr 1850 in Haspe die Leitung des Stahlpuddelbetriebes übernommen hatte, führte das Verfahren im Interesse der Erfinder auf den Werken von Jul. Meyer in Bockenrode (später Georg-Marienhütte bei Osnabrück), von J. Dupont zu Fay in Belgien und von J. Sesslers Erben zu Krieglach in Steiermark ein.

Lohage und Bremme führten anfangs den Stahlpuddelprozefs bei möglichst niedriger Temperatur und empfahlen einen Zusatz von Spiegeleisen nach einiger Zeit, um dann die wieder flüssig gewordene Masse zu Ende zu puddeln.

Im Herbst 1849 besuchte Ewald Riepe, Chemiker zu London, Herrn Lohage, der denselben mit Bremme und mit den Stahlpuddelversuchen, die damals auf dem Werke der Herren Lehrkind, Falkenroth & Comp. zu Haspe bei Hagen von den Herren Bremme und Lohage vorgenommen wurden, bekannt machte. E. Riepe wurde von der Gesellschaft Lohage, Bremme & Comp. beauftragt, ein Patent in England auf seinen Namen zu nehmen. Dies that er am 29. Januar 1850. Man hat deshalb irrtümlich, namentlich in England, Riepe oft für den eigentlichen Erfinder des Stahlpuddelns gehalten. In seiner Patentbeschreibung ist das Puddeln unter der Schlacke bei Kirschrotglut und der nachherige Zusatz von Roheisen am Schlusse des Prozesses besonders erwähnt.

Bremme wies aber im weiteren Verfolg seiner Versuche nach, dafs es nicht nötig sei, an Rotglühhitze festzuhalten, sondern dafs sich der Stahlpuddelprozefs am besten bei recht hoher Temperatur führen liefse.

In der Folge adoptierte man denn auch allgemein in Westfalen ein rasches Einschmelzen bei hoher Temperatur. Auf dieses folgte das Garen unter der Schlacke und dann das Luppenmachen oder Aussaigern der Luppe bei rauchender, d. h. reduzierender Flamme.

Digitized by Google

Dies ist der von dem Puddeln des weichen Eisens abweichende Verlauf des Stahlpuddelns.

Das Einschmelzen und Puddeln verläuft wie bei dem Stabeisenprozesse bis zu dem Zeitpunkte, wo das ursprünglich ganz dünn eingeschmolzene Eisen stark einzugehen beginnt und sich schon einzelne gare Klümpchen bilden. Sobald dies eintritt, wird durch Schliefsen der Essenklappe und der Arbeitsöffnung der Luftzutritt abgesperrt und die Temperatur herabgesetzt. Das Eisen begiebt sich zu Boden und hat nach 5, höchstens 10 Minuten eine solche Konsistenz erlangt, dafs es nun bei nur wenig geöffneter Klappe rasch einmal umgesetzt und dann zum Luppenmachen geschritten werden kann. Jede Luppe wird sogleich zum sorgfältigen Drücken aus dem Ofen unter den Hammer gebracht. Die Charge dauert kürzer, aber der Einsatz ist auch geringer als beim Eisenpuddeln.

Der Puddelstahl hat gegenüber dem Schweifsstahl den Nachteil, dafs er beim öfteren Erhitzen, namentlich beim Gärben, sehr von seiner Härte verliert.

In dieser Periode breitete sich die Gufsstahlfabrikation auch auf dem Kontinente aus. Über die Entwickelung der Kruppschen Fabrik werden wir später berichten. 1831 wurde mit der Gufsstahlfabrikation auf der Sollinger Hütte bei Uslar begonnen. In Österreich entstand die Gufsstahlfabrik von Georg Fischer in Hainfeld.

Ein wichtiger Fortschritt in der Gufsstahlfabrikation waren die erfolgreichen Versuche, statt des Brennstahles Rohstahl zu verwenden. 1844 schmolz zuerst Friedrich Huth auf der Geitebrücke Frischrohstahl von Lohe, aus Müsener Rohstahleisen erzeugt, zu Gufsstahl. Im Jahre 1847 wurde auch bereits der von Hütteninspektor Zintgraff auf dem Ronnewinkler und auf dem Geisweider Puddelwerke dargestellte Puddelstahl in der Gufsstahlfabrik von Meyer und Kühne zu gutem Gufsstahl verschmolzen.

Von grofsem Interesse sind auch die auf Veranlassung von Karsten 1846 durch Stengel auf dem Werke von Friedrich Huth angestellten Versuche, durch Zusammenschmelzen von Spiegeleisen und Stabeisen Gufsstahl zu erzeugen.

Digitized by Google

Die Geschichte des Eisens in den einzelnen Ländern von 1831 bis 1850.

Grofsbritannien 1831 bis 1850.

Die Eisenindustrie Englands hatte schon zuvor die aller anderen Länder weit überflügelt und eine staunenerregende Entwickelung gewonnen, aber noch viel grofsartiger wurde dieser Aufschwung in den dreifsiger Jahren durch den Bau der Eisenbahnen und die Anwendung der erhitzten Gebläseluft. Während die Anlage von Eisenbahnen den Eisenbedarf ausserordentlich steigerte, gewährte die Anwendung des heifsen Windes beim Hochofenbetrieb das Mittel zu einer entsprechenden Steigerung der Produktion.

Die Erfindung Neilsons hat die grofse Eisenindustrie Schottlands erst geschaffen. Die natürlichen Verhältnisse am Clyde waren für die Eisenerzeugung ungemein günstig; Erz und Kohlen konnten aus denselben Schächten gefördert werden. Aber die Kohlen hatten einen grofsen Nachtheil, sie eigneten sich wenig zum Verkoken und erlitten dabei einen Gewichtsverlust von 55 Proz. Um auf den Clyde iron works eine Tonne Eisen im Hochofen aus den Erzen zu schmelzen, hatte man 1829 8 Tonnen $1^1/_4$ Ctr. Steinkohlen in Form von Koks verbraucht. Nach Einführung der Winderhitzung im folgenden Jahre sank der Kohlenverbrauch bei nur 300° F. auf 5 Tonnen $3^1/_4$ Ctr. Dunlop steigerte die Windtemperatur auf den Clyde-Werken und erzielte ein noch besseres Ergebnis. Im Anfang des Jahres 1831 machte W. Dixon auf den Calder iron works, die im Jahre 1800 erbaut waren, den Versuch, rohe Steinkohle statt Koks aufzugeben. Der Erfolg war ein vollkommener. Die Anwendung roher Steinkohle im Hochofen und eine Windtemperatur von 600° F. fand infolgedessen allgemeine Annahme auf den schottischen Eisenwerken. Auf den Clyde-Werken verbrauchte man damit 1833 nur noch 2 Tonnen $5^1/_4$ Ctr. roher Steinkohle auf die Tonne Roheisen. Dabei stieg das Ausbringen aufserordentlich.

Digitized by Google

						T. Roheisen		T. Koks		T. Steinkohlen
1829	erhielt	man	aus	4	Hochöfen	111	mit	403	von	888
1830	„	„	„	3	„	162	„	376	„	836
1833	„	„	„	4	„	245		—		554

Diese Erfolge waren enorm und die schottische Roheisenerzeugung nahm auch infolgedessen einen wunderbaren Aufschwung.

1830 waren 8 Hütten im Betriebe, welche 24 Hochöfen besafsen. Die Produktion derselben betrug 37500 Tonnen. In diesem Jahre gründete Alex. Baird das berühmte Gartsherrie-Eisenwerk.

1838 waren 11 Hütten mit 41 Hochöfen im Betriebe und erzeugten 147500 Tonnen Roheisen. Die Summerlie-Werke wurden 1836 von Neilson und Wilson gegründet; die Govanhütte um dieselbe Zeit von William Dixon, die Coltnefshütte 1837 von Houldsworth, der Carnbroe-Ofen 1838 von Allison & Comp.

1839 waren (nach Mushet) 54 Hochöfen im Betriebe und schmolzen 196000 Tonnen Roheisen. Zu dieser Produktionssteigerung trug auch noch wesentlich der 1801 von David Mushet entdeckte Blackband, der deshalb auch Mushet-stone genannt wurde, bei. Erst jetzt wurde derselbe in vollem Mafse ausgebeutet. 1825 hatte man auf der Monklandhütte zum ersten Male den Versuch gemacht, Blackband allein zu verschmelzen. Der Versuch gelang und dies gab hauptsächlich die Veranlassung zur Gründung der grofsen Hüttenwerke von Gartsherrie und Dundyvan.

Die Einführung des heifsen Windes und die Benutzung der rohen Kohle erwiesen sich ganz besonders für die Verschmelzung der Blackbands als geeignet. Während man vorher nur 60 Tonnen Roheisen die Woche aus Blackband schmelzen konnte, stieg jetzt die Produktion auf 90 Tonnen. Während man früher 20 bis 30 Ctr. Kalksteine auf die Tonne Eisen zuschlagen mufste, genügten jetzt 6 bis 8 Ctr. Der geröstete Blackband war ein sehr reiches Eisenerz von über 60 Proz. Eisengehalt, das so leicht schmolz, dafs zu einer Tonne Roheisen kaum mehr als $1^1/_2$ Tonnen Steinkohlen nötig waren. Die Produktionskosten wurden dadurch so vermindert, dafs 1 Tonne nur 2 £ kostete. Dies hatte selbstverständlich eine grofse Wirkung auf den ganzen englischen Eisenhandel. Die englischen Eisenhüttenbesitzer sahen mit Besorgnis auf den Aufschwung in Schottland.

In den 40er Jahren stieg die schottische Roheisenproduktion noch weit höher. Nach G. R. Porter[1]) betrug sie 1846 fast 500000 Tonnen

[1]) G. R. Porter, On the Progress, present amount, and probable future condition of the Iron-Manufacture of Great-Britain, Report of the 16th meeting of the British Association 1847.

Digitized by Google

und diese Steigerung schreibt er der Winderhitzung zu. 1847 waren von 139 Hochöfen 103 im Betriebe.

Während Schottland früher arm an Eisen war, hatte es jetzt eine enorme Ausfuhr. 1848 betrug dieselbe 95690 Tonnen, während England nur 63578 Tonnen exportierte. Das mit heifsem Wind und roher Steinkohle aus Blackland erzeugte Eisen war vorzüglich für Giefsereizwecke geeignet und hierfür sehr geschätzt. Zum Verfrischen eignete sich das graphitreiche, dunkle Roheisen dagegen nur wenig, deshalb wurde es grofsenteils als Giefsereiroheisen verkauft.

Die wichtigsten Hütten am Clyde lagen um Coalbridge nahe bei Glasgow, mit dem es durch eine Eisenbahn verbunden ist. 1848 gab es 70 Hochöfen daselbst, von denen 42 in einer Kette lagen. Ihre Höhe schwankte von 38 bis 45 engl. Fufs. Man blies meistens mit mehr als mit 3 Formen, mit 4, 5, 6, 7, 8 und selbst mit 9. Am häufigsten waren 6, 2 hinten und je 2 an den Seiten; dieselben waren $2^1/_4$ bis $2^3/_4$ Zoll weit. Durch diese Anwendung zahlreicher Formen kam man dazu, das Gestell ganz frei zu stellen. Dasfelbe wurde aus feuerfesten Ziegelsteinen von verhältnismäfsig geringer Stärke gebaut. Überall blies man mit hocherhitztem Wind, dessen Hitzegrad man durch das Schmelzen eines Stückchens Blei bestimmte. Durch die hohe Windtemperatur und die ungeheure Windmenge hatte man die Produktion aufserordentlich gesteigert, ein Ofen schmolz 20000 bis 30000 kg in 24 Stunden.

Das gröfste Hüttenwerk gegen Ende dieser Periode war Gartsherrie. Es lag an einer Terrasse und bestand aus zwei Reihen, die eine zu acht, die andere zu neun Öfen. Die eine Reihe stand an einem Abhange zur Erleichterung des Betriebes, die andere lag etwa 300 Fufs davon entfernt, ganz in der Ebene. Eine schöne starke Hängebrücke verband die Giefserei der in der Ebene liegenden Ofenreihe mit der Terrasse. Zwischen beiden Ofenreihen befand sich ein 50 Fufs breiter Kanal, der zum Clyde führte und eiserne Kähne von 200 Tonnen Last trug, welche zum Transport des Roheisens dienten. Zu beiden Seiten des Kanals und parallel mit seinen Ufern liefen Eisenbahnen. Kohle und Erze wurden von den Schächten direkt auf die Terrasse gefahren und ohne alle Vorbereitung in grofsen Stücken in die Öfen aufgegeben.

Die Hochöfen waren 45 Fuss hoch, 19 Fufs im Kohlensack, 9 Fufs in der Gicht und 5 Fufs im Gestell im Mittel weit; die Steigung der Rast betrug 60°. Die Schachtsteine aus feuerfestem Thon waren 2 Fufs lang und 5 bis 6 Zoll dick. Aufsen liefen die Öfen konisch

Digitized by Google

zu; der Rauchschacht war kaum stärker als der Ofenschacht und mit 4 Zoll breiten Reifen, die mit Schrauben und Muttern angezogen wurden, gebunden. Bereits in den 40er Jahren begann man in Schottland die Verreifung der Hochöfen durch Blechmäntel zu ersetzen.

Die älteren Öfen zu Gartsherrie waren seit 15 Jahren im Betriebe und keiner hatte eine Reparatur des Mantels nötig gehabt. — Die Formen der Hochöfen waren geschlossen. In 24 Stunden wurden etwa 100 Gichten gesetzt, wobei auf 1 Ctr. Roheisen $2^1/_2$ Ctr. Erz, 1 Ctr. Zuschlag und $3^1/_2$ Ctr. Steinkohlen aufgegeben wurden. Eine Gieſshütte war nicht vorhanden, vielmehr standen die Hochöfen ganz frei. Vor jedem Ofen wurden im Sande 7 bis 8 Reihen Formen jede für 30 Masseln eingeformt. Man stach zweimal täglich, 6 Uhr früh und 6 Uhr abends ab und erhielt jedesmal etwa 150 bis 200 Ctr. Roheisen. Ein gröſserer Ofen von ungewöhnlichen Dimensionen, den man in den 30er Jahren erbaut hatte, gab zwar wöchentlich 200 bis 220 Tonnen Roheisen, doch war sein Betrieb nicht so vorteilhaft wie bei den oben erwähnten Öfen, man lieſs ihn deshalb gegen 1848 eingehen. Die zweite Reihe der Hochöfen war 1840 erbaut worden und erhielt ihren Wind durch eine Gebläsemaschine von 280 Pferdekräften, deren Cylinder 10 Fuſs im Durchmesser hatte und deren Balancier 45 Tonnen wog.

1848 erzeugten die 16 Hochöfen zu Gartsherrie 96 000 Tonnen Roheisen. Das Roheisen wurde meistens nach Deutschland verkauft. Dundyvan und Monkland hatten jeder 9, Calder 8, Clyde und Glengarnock je 7 und die übrigen Hütten weniger Hochöfen. 1849 gab es 23 Eisenwerke mit 130 Hochöfen, davon waren 1848 89 im Betriebe, die 539 962 Tonnen Roheisen lieferten.

Wenn die englischen Eisenhütten in dieser Periode auch nicht mit den schottischen gleichen Schritt in der Steigerung ihrer Produktion halten konnten, so ist doch auch ihre Entwickelung in dieser Zeit eine groſsartige gewesen.

Die gröſste Eisenerzeugung hatte Süd-Wales. Hier waren die Versuche mit erhitztem Gebläsewind beim Hochofenbetriebe zwar anfangs nicht günstig ausgefallen und es hatte sich ein allgemeines Vorurteil gegen Neilsons Erfindung gebildet. Dennoch führte diese auch für Süd-Wales eine neue Ära herbei, denn durch sie gelang es, die Anthracitkohlen, die bis dahin nur in sehr geringem Maſse im Hochofen verwendet werden konnten und deshalb einen niedrigen Wert hatten, für sich im Hochofen zu verwenden. Die Versuche, die man

Digitized by Google

früher in den 20er Jahren gemacht hatte, mit Anthracit im Hochofen zu schmelzen, hatten sehr wenig Erfolg gehabt. Auch der Hochofenbesitzer George Crane, dessen Hütte Yniscedwyn auf der Anthracitkohlenformation lag, hatte bereits verschiedene vergebliche Versuche damit gemacht, bis er es endlich 1837 mit erhitzter Gebläseluft versuchte. Nun gelang es und nach kaum drei Monaten schmolz er die Tonne Roheisen mit weniger als 27 Ctr. Anthracit. Der Kohlenverbrauch verminderte sich im Verhältnis von 5 zu 18. Das erblasene Eisen war vorzüglich und fester als das mit Koks erblasene. Da die Anthracitformation ungefähr den dritten Teil der ganzen Steinkohlenformation von Wales umfafst, so war dieser Erfolg Cranes von der gröfsten Tragweite. Später gelang Palmer Budd in der Hütte von Ystalifera bei Swansea die Anwendung von Anthracit mit kalter Luft bei sehr hoher Pressung und Verteilung durch mehr Formen. Die 4, 5 oder 6 Formen waren eng und nur 25 bis 37 mm weit.

Durch diese Erfolge wurden die Produktionskosten des englischen Eisens verringert und seine Export- und Konkurrenzfähigkeit gesteigert. Wie bedeutend diese aber war, hatte Héron de Villefosse schon zuvor durch folgende einfache Zusammenstellung gezeigt. Schmiedeeisen kostete im Jahre 1825 in

Frankreich	26 £	10 sh	die	Tonne,
Belgien und Deutschland .	16 „	14 „	„	„
Schweden und Russland .	13 „	13 „	„	„
England in Cardiff . . .	10 „	— „	„	„

England hatte dabei durch seine zahlreichen Kanäle die billigsten Frachten. Scrivenor berechnet, dafs die Länge der Kanäle in Frankreich, auf die Fläche von England und Wales reducirt; im Jahre 1831 nur 247,4 engl. Meilen betrug, während England 2174 Meilen Kanäle besafs.

Den gröfsten Einfluſs auf die Eisenproduktion Englands hatte der Bau der Eisenbahnen. Wie bedeutend dieser war, läfst sich schätzen aus den Summen, die für Eisenbahnbauten aufgebracht wurden. Durch Parlamentsbeschluſs wurden concessioniert:

1831 . . .	für 1 799 873 £	1836 . . .	für 22 874 998 £
1832 . . .	„ 567 685 „	1837 . . .	„ 13 521 799 „
1833 . . .	„ 5 525 333 „	1838 . . .	„ 2 096 198 „
1834 . . .	„ 2 312 053 „	1839 . . .	„ 6 455 797 „
1835 . . .	„ 4 812 833 „	1840 . . .	„ 2 495 032 „

Digitized by Google

Von diesen Summen flofs ein grofser Teil der Eisenindustrie zu. Besonders auffallend war die Steigerung in den Jahren 1836 und 1837, worauf dann 1838 ein Rückschlag erfolgte, der einer Krisis gleich kam und der auf die Eisenindustrie Englands von einschneidender Wirkung war. Nach Porter betrug damals der Eisenbedarf für eine engl. Meile Eisenbahn:

	Tonnen	in Roheisen Tonnen
für Schienen 75 Pfd. die Elle . .	235	317½
„ Stühle 40 „ jeder . . .	125	125
„ Lokomotiven pr. 1 Meile . . .	25	33¾
„ Wagen	25	33¾
„ Wasserfilter	5	5
„ Drehscheiben, Weichen . . .	100	100
„ Werkstätten	30	40½
„ Koksofen	5	5
„ Brücken, Dächer u. s. w. . . .	30	40½
		701

Eine officielle Produktionsstatistik hatte England nicht; die vorgenommenen Erhebungen wurden meistens von Privaten veranstaltet. Nach den genauesten englischen Ermittelungen betrug die Eisenproduktion Englands und Schottlands:

1796	125 079 Tonnen	
1806	258 206 „	
1823	452 066 „	(nach Francis Finch)
1830	678 417 „	(nach Francis Finch)
1839 . . .	1 248 781 „	(nach Mushet)
	1 347 790 „	(nach Scrivenor)
	1 512 000 „	(nach Karsten?)
1840	1 396 400 „	(nach Jessop)

Alle Angaben, die sich in den Lehrbüchern finden, beruhen nur auf Schätzung. Nach Le Plays Ermittelungen hatte die englische Produktion 1836 die Höhe von 1 Million Tonnen überschritten, eine nach damaliger Ansicht unglaubliche Leistung.

Die Produktion hatte sich von 1830 bis 1839 verdoppelt, während die Zahl der Hochöfen nur von 357 auf 420 gestiegen war. Daraus folgt eine bedeutend erhöhte Leistung der einzelnen Öfen infolge der Anwendung des heifsen Windes.

Die Stabeisenerzeugung betrug in runden Zahlen:

1830 500 000 Tonnen, 1835 600 000 Tonnen, 1839 670 000 Tonnen.

Digitized by Google

Zur Herstellung der 1 396 400 Tonnen Roheisen im Jahre 1840 wurden nach Jessop 4 877 000 Tonnen Steinkohlen verbraucht, und zwar im Verhältnis von 3 Tonnen in Schottland und 3 Tonnen 12 Ctr. in England und Wales für eine Tonne Roheisen. Aufserdem wurden 2 000 000 Tonnen Steinkohlen für die Umwandlung des Roheisens in Stabeisen verwendet. Von 420 Hochöfen in England und Wales lagen 82 und von 70 Hochöfen in Schottland 6 kalt. Grofsbritannien litt damals unter einer wirtschaftlichen Krisis, welche sich in den folgenden Jahren noch empfindlicher fühlbar machte und welche erst nach der reichen Ernte von 1844 wich, wozu auch noch die segensreiche Wirkung der freisinnigen Reformen auf dem Gebiete der Handelspolitik half.

Die Eisenpreise sind ein deutliches Zeichen der auf- und absteigenden Bewegung der Eisenindustrie in diesen Jahren. Die Tonne Schmiedeeisen kostete in England 1834 6 £ 10 sh, 1835 7 £ 10 sh, 1836 11 £, in den folgenden Jahren sank der Preis des Eisens auf die Hälfte.

Seit den Ermittelungen von Jessop, dem Direktor der Butterley-Eisenhütte, im Jahre 1840 sind keine umfassende Erhebungen über den Umfang der englischen Produktion in den 40er Jahren mehr angestellt worden. Aus den genaueren Angaben über die Eisenerzeugung Schottlands läfst sich ein Rückschlufs auf die Verhältnisse in England machen. Ende 1844 waren in Schottland nur 69 Hochöfen im Betriebe, während deren Zahl Ende 1845 87 betrug, und hatte die Produktion in der Zeit um 60 000 Tonnen zugenommen. Die Preise schwankten sehr. Sie betrugen im Januar 1844 40 sh, im April 65 sh und im September 50 sh für die Tonne. Im Jahre 1845 hoben sich die Preise von 60 sh auf 100 sh im März und auf 110 sh im Mai. Diese Preissteigerung rief rasch neue Anlagen ins Leben. Zu den Ende 1845 im Betriebe befindlichen 87 Hochöfen traten bis zum 30. Juni 1846 10 weitere hinzu, so dafs damals 97 im Feuer standen. In den ersten 6 Monaten des Jahres 1847 wurden in Schottland 260 000 Tonnen Roheisen erzeugt, was eine Jahresproduktion von 520 000 Tonnen, also mehr als das Doppelte des Jahres 1840, ergeben würde.

1848 waren von 139 Hochöfen 103 im Betriebe, deren Wochenproduktion 11 540 Tonnen betrug, was einer Jahresproduktion von 600 000 Tonnen entsprechen würde. Im Januar 1846 wurde die Tonne Roheisen mit 80 sh., im Dezember 1848 mit 42½ sh. bezahlt.

Nach einer Zusammenstellung von Buckley betrug die Produktion von Grofsbritannien 1843 1 215 350 Tonnen, so dafs sie gegen 1840

Digitized by Google

um 181 050 Tonnen zurückgegangen war. 1845 stieg sie auf 1 330 000 Tonnen und betrug 1848 fast 2 Millionen Tonnen[1]).

Die Produktion von 1840 verteilte sich auf die Landschaften in folgender Weise:

Forest of Dean	15 500	Tonnen
Süd-Wales	505 000	„
Nord-Wales	26 500	„
Northumberland	11 000	„
Yorkshire	56 000	„
Derbyshire	31 000	„
Nord-Staffordshire	20 500	„
Süd-Staffordshire	407 150	„
Shropshire	82 750	„
Schottland	241 000	„
	1 396 400	Tonnen

In Derbyshire wandte man heifsen Wind und rohe Steinkohle in den Hochöfen an.

In Staffordshire, wo man bis 1840 die Winderhitzung nur auf einzelnen Werken eingeführt hatte, gingen die Eisenhochöfen 1845 langsam wegen Mangel an Eisenerz.

In Yorkshire und Shropshire blies man noch mit kaltem Wind, weil man für die Qualität des Eisens fürchtete. Um diese Zeit wurde eine grofse Zahl neuer Eisenwerke in Durham, Cumberland, Northumberland und Schottland errichtet, so dafs man in England die Besorgnis hegte, der Schwerpunkt der Eisenproduktion werde sich nach Nord-England verlegen. Es entstanden namentlich damals die ersten Hochofenanlagen in der Nachbarschaft von Middlesborough, so 1845 die Hochöfen von Tau-haw (Tudhoe-Works) und 1846 die von Bolckow und Vaughan 48 engl. Meilen im Inland im Kohlenrevier zu Witton-Park erbauten Hochöfen.

Um diese Zeit wurde in Süd-Wales ein sehr ausgedehntes Lager von Blackband entdeckt. Nach Mushets Bericht erstreckte es sich von jenseits Cwm-Avon durch Mastaeg nach dem Taffethal hin. Es bestand aus zwei Flözen von je 15 Zoll Mächtigkeit; das Erz des unteren hatte 40 Proz. Eisen und wurde roh verschmolzen, das Erz des oberen enthielt mehr Schiefer und wurde geröstet. 14 Hochöfen bedienten sich bereits dieses Eisensteines und Mushet prophezeite ihm eine grofse Zukunft.

[1]) Über die Produktion von 1848 s. Karsten und v. Dechens Archiv 1850, XXIII, S. 778.

Digitized by Google

Die billigen Eisenpreise in den Jahren 1839 bis 1845 gaben Veranlassung zu vielen neuen Arten der Verwendung des Eisens. So wuchs namentlich der Bedarf für eiserne Dächer und selbst eiserne Häuser, für welche Zwecke allein in der Stadt Liverpool 1844 mehr als 20 000 Tonnen verbraucht worden waren. Ebenso nahm die Verwendung des Eisens für den Schiffsbau zu und wurde der Bedarf hierfür für den Hafen von Liverpool im Jahre 1845 auf 25 000 Tonnen geschätzt. Porter hebt mit Recht die Wichtigkeit des Eisens für den Schiffsbau und die Wichtigkeit des Baues eiserner Schiffe für die englische Eisenindustrie ganz besonders hervor. Fairbairn hatte sich bereits 1840 in dem gleichen Sinne ausgesprochen. In Glasgow wurde der Bau eiserner Schiffe in den 40er Jahren bereits in umfangreichem Mafse betrieben. 1845 waren in Clyde 24 eiserne Dampfschiffe im Bau. Die Zahl der Dampfschiffe in England hatte von 1830 bis 1850 von 315 bis 1200 zugenommen, wozu noch 190 Dampf-Kriegsschiffe kamen.

Die Eisenausfuhr Englands wuchs von Jahr zu Jahr. Auch hierzu hatte die Erfindung der Dampfbahnen wesentlich beigetragen. Die meisten Staaten, welche Eisenbahnen bauten, bezogen das Eisenmaterial dafür, die Schienen sowohl wie die Lokomotiven, von England. Namentlich hatte Amerika einen grofsen Bedarf.

Nachstehende Tabelle zeigt die Zunahme der englischen Ausfuhr von 1830 bis 1845:

Jahr	Schmiedeeisen Tonnen	Roheisen Tonnen	Gufs Tonnen	Zusammen Tonnen	Werth	Durchschnittspreis £	sh.	₰
1830	59 885	12 036	8 854	117 420	1 078 523	9	8	8
1831	64 012	12 444	10 361	124 312	1 123 372	9	0	8
1832	74 024	17 566	12 495	147 636	1 190 749	8	1	3
1833	75 333	22 988	14 763	162 815	1 405 035	8	12	7
1834	70 809	21 788	13 870	158 166	1 406 872	8	17	10
1835	107 715	33 073	12 604	199 007	1 643 741	8	5	2
1836	97 762	33 880	19 891	192 352	2 342 674	12	3	7
1837	95 663	44 387	12 373	194 292	2 009 259	10	6	10
1838	141 923	48 554	14 942	256 017	2 535 692	9	18	1
1839	136 452	43 460	10 836	247 912	2 719 824	10	19	6
1840	144 719	49 801	9 886	268 328	2 524 859	9	18	2
1841	189 249	85 866	14 077	360 875	2 877 278	7	19	5
1842	191 301	93 851	15 934	369 398	2 457 717	6	13	0
1843	198 774	154 770	16 500	448 925	2 590 833	5	15	5
1844	249 915	99 960	18 969	458 745	3 193 368	6	19	2
1845	153 813	77 362	22 036	351 978	3 501 897	9	18	11

Digitized by Google

Hiervon betrug die Ausfuhr

	nach Amerika:		nach Frankreich:	
1831	30 818	Tonnen	2 721	Tonnen
1835	51 951	„	14 863	„
1839	74 772	„	14 288	„
1840	38 603	„	16 804	„
1844	107 379	„	21 352	„

Auf die wichtigsten Länder verteilte sich die Eisenausfuhr in Tonnen in den Jahren 1830, 1835 und 1839 folgendermaſsen:

Eisenausfuhr nach	1830	1835	1839
Ruſsland	243 1/4	486 1/4	952
Schweden und Norwegen . .	242	305	546
Dänemark	1 259	3 238	6 179 1/2
Deutschland	8 567	12 177	16 235
Holland [1])	12 312 1/3	15 798	24 226
Belgien	—	2 440 1/3	2 658
Frankreich	9 890	15 177 2/3	14 934
Spanien und Portugal	8 152	11 081 1/2	10 741
Italien	10 982	13 367	19 125
Irland	6 217 1/3	11 926	7 487
Asien	17 612	29 003	27 376
Afrika	5 326 1/2	3 778	4 868
den Vereinigten Staaten . . .	21 330 1/4	63 013	85 171 1/2
Britisch-Amerika	8 882 1/4	12 303 3/4	21 547
Westindien	10 735	11 126 1/2	13 599 1/2
dem übrigen Amerika	5 927 1/2	10 373	9 788 1/3
Die Gesamtausfuhr betrug . .	130 417	219 203 1/2	269 088 1/2

Die Hochöfen in England haben in den 30er Jahren wesentliche Änderungen nicht erfahren. Die Einführung der weiteren Gichten, ja sogar cylindrischer Ofenschächte fiel schon in die vorhergehende Periode. Doch wurde diese Form auch bei den schottischen Hochöfen, welche mit heiſsem Winde betrieben wurden, auf verschiedenen Hütten eingeführt. William Dixon hatte damit Versuche auf dem Calder-Eisenwerk gemacht, gute Resultate erzielt und sie eingeführt. Ebenso wurden die Hochöfen auf der Govan-Hütte 1840 mit cylindrischen Schächten versehen. Sie waren durchgehends 45 Fuſs hoch. Der gröſste hatte 15 Fuſs 8 Zoll im Kohlensack und wurde mit fünf Formen geblasen. Auch hier bewirkte die cylindrische Form, beziehungsweise die weite Gicht, eine gröſsere Produktion.

[1]) Die Ausfuhr nach Holland ging gröſstenteils weiter nach Deutschland.

Digitized by Google

John Gibbons von Corbyn-Hall in Staffordshire führte bei seinem Hochofen eine wesentlich abweichende Gestalt ein, die Aufsehen erregte. Er machte das Gestell weiter, liefs das Obergestell fort und liefs die Ofenwände über der Form sich ganz langsam erweitern, so dafs der gröfste Querschnitt oder der Kohlensack von 14 Fufs Durchmesser 30 Fufs über den Boden zu liegen kam, also über der halben Ofenhöhe. Dabei erweiterte er die Gicht auf 8 Fufs. Dieser Ofen bewährte sich gut und hielten Herd und Rast vorzüglich.

Gibbons war auf diese eigentümliche Form durch seine Beobachtungen der Gestalten ausgeblasener Hochöfen gekommen. Er fand, dafs in den meisten Hochöfen Obergestell und Rast schon nach sechs Monaten gröfstenteils weggeschmolzen waren. Dadurch, dafs er dem Ofen von vornherein diese Gestalt gab, wollte er ihn vor Zerstörung bewahren. Dies gelang ihm auch angeblich und der Ofen erreichte in viel kürzerer Zeit das Maximum seiner Leistung. Er erzielte eine durchschnittliche Produktion von 100 Tonnen die Woche, welche in der besten Schmelzwoche bis auf 115 Tonnen gestiegen war. Dies galt damals als eine ungewöhnlich hohe Produktion. Er erhielt dabei ein gleichmäfsiges, gutes, graues Roheisen. Die Ofenhöhe betrug 50 Fufs, die Herdweite 4 Fufs, der Inhalt 4850 Kubikfufs, während die gewöhnlichen Staffordshirer Hochöfen 45 Fufs Höhe, 12 Fufs Weite im Kohlensack, 4 Fufs in der Gicht und 3 Fufs im Herd hatten und 2660 Kubikfufs fafsten.

Die gröfsten Hochöfen in Süd-Wales waren 1839 die der Plymouth-Eisenwerke, weniger hoch als weit, nämlich 18 Fufs im Kohlensack und 9 oder 10 Fufs in der Gicht bei 40 Fufs Höhe. Ihr Fassungsraum war 7000 Kubikfufs. In diese Öfen wurden mindestens 20 000 Kubikfufs Wind von $1^1/_2$ Pfund Pressung in der Minute geblasen. Solche Öfen produzierten bis 120 Tonnen die Woche, was als ein grofser Fortschritt galt. Man war aber der Ansicht, dafs man in den weniger weiten Hochöfen besseres Eisen erhielt. Bei der Billigkeit der Steinkohle in Süd-Wales hatte die Benutzung der Hochofengase lange nicht die Bedeutung wie auf dem Kontinent und kam deshalb erst ganz allmählich zur Anwendung. In Süd-Wales führte Budd dieselbe bei seinen Hochöfen zu Ystalifera 1849 zuerst ein.

Bei dem Verfrischen des Eisens hielt man in Süd-Wales am Feinen fest, nachdem man mit dem Rohfrischen von Roheisen in den 30er Jahren keine gute Erfahrungen gemacht hatte. In Staffordshire und Shropshire hatte das Rohfrischen im Puddelofen dagegen Verbreitung gefunden. Man wärmte das Roheisen vor, entweder in dem

Digitized by Google

unteren Raume der Esse oder in der Verlängerung des Herdes. Mit vorgewärmtem Roheisen konnte man leicht 9 Chargen in 12 Stunden machen. Doch machten die Arbeiter nach alter Gewohnheit meist nur 7 Chargen in der Schicht.

Das gröfste Eisenwerk in Süd-Wales war schon im Jahre 1830 Dowlais; dasselbe produzierte 1831 22 075, 1840 45 218 Tonnen. Es gehörte der berühmten Firma Guest & Co.; 1837 wurde Sir John Guest einziger Besitzer. 1834 hatte das Werk 11 Hochöfen, 1835 14 und im Laufe der 40er Jahre kamen 4 hinzu. 1849 belief sich die Produktion bereits auf 100 000 Tonnen Roheisen, aus dem 75 000 Ctr. Stabeisen gemacht wurden. 1849 hatte das Werk Maschinen von zusammen 4989 Pferdekräften und beschäftigte 7000 Arbeiter. Nach Guest & Co. waren Crawshay & Co. zu Cyfartha und Hirwain die gröfsten Producenten, diesen folgten Thomson & Co. zu Penydarran und R. & A. Hill zu Plymouth.

1848 hatte die Zahl der Hochöfen in Süd-Wales noch bedeutend zugenommen: Dowlais hatte 18, Cyfartha, Ynistack und Hirwain 15, Nant-y-Glo and Beaufort 14, Ystalifera 11, Pentwyn Golynos und Var 8, Abersychan 6, Blaina und Cwm Celyn 6, Ebbw Vale und Sir Howy 9, Tredegar 7, Rhymney 10, Penydarran 7, Plymouth und Duffrin 8, Aberdare und Abernant 6, Cwm Avon 7, Yniscedwyn 7. Die übrigen Hütten hatten meist nur 2 Öfen. Im ganzen zählte man 196 Hochöfen, von denen 1848 115 im Betriebe waren. Es wurden 706 680 Tonnen Eisen produziert, also in dem kleinen Wales mehr als in ganz Deutschland. Auf einen Ofen kamen im Durchschnitt 4680 Tonnen Jahresproduktion. Die meisten Hütten in Süd-Wales waren mit Puddel- und Walzwerken verbunden, Dowlais und Penydarran wendeten rohe Steinkohle im Hochofen an, wozu sich ein 11 Fufs dickes Flöz bei Dowlais gut eignete, während die Steinkohlen sonst, aufser dem Anthracit, verkokt wurden. Dowlais war dadurch namentlich im stande, einen viel billigeren Betrieb zu führen. Besser war sein Roheisen deshalb allerdings nicht, da die Kohle nicht frei von Schwefel war. Der thonige Sphärosiderit (clay-iron-ore), den man verschmolz, kam in dem Kohlenbecken selbst vor.

Die Hochöfen von Süd-Wales gehörten zu den gröfsten in England, doch hielt sich ihre Höhe meist in den Grenzen von 45 bis 55 Fufs, nur auf dem Plymouth-Werke bei Merthyr Tydoil waren 3 Hochöfen von 62 Fufs Höhe, 19 Fufs im Kohlensack und 10 Fufs in der Gicht weit. Die Produktion dieser Öfen betrug 120 Tonnen die Woche, während sonst 90 Tonnen die Regel war. Die Öfen hatten die äufsere

Digitized by Google

Gestalt vierseitiger Pyramiden und waren aus einem feinkörnigen Kohlensandstein gebaut.

Wir wollen nur über das gröfste Eisenwerk, das zu Dowlais, welches dem berühmten Eisenindustriellen Sir John Guest gehörte, einige kurze Angaben machen. Zu den 18 Hochöfen gehörten 18 Feineisenfeuer, wovon vor jedem Hochofen eins lag. Man stach alle zwei Stunden ab und liefs das flüssige Eisen in die Feineisenfeuer laufen. Für die 18 Hochöfen waren 7 Gebläsemaschinen, jede von 200 Pferdekräften, vorhanden. Die meisten Hochöfen bliesen mit 3 Formen, doch gab es auch solche von 2 und von 6 Formen. Man blies mit sehr hoher Pressung, nämlich 5 Zoll Quecksilber. Dadurch produzierte ein guter Ofen mit 3 Formen 3000 Ctr. Roheisen in der Woche. Man bediente sich bei der rohen Steinkohle der erhitzten Gebläseluft.

Das grofse, mit der Hochofenhütte verbundene Puddelwerk enthielt 100 Puddel- und 60 Schweifsöfen, und 9 Walzwerke für Schienen und Handelseisen. 30 Dampfmaschinen waren auf dem Werke in Thätigkeit und man verbrauchte täglich 1400 Tonnen Stückkohlen. Dowlais war damals und lange Zeit hindurch das gröfste Eisenwerk der Welt.

Im übrigen England betrug die Zahl der Hochöfen im Jahre 1848 in Nord-Staffordshire 19, in Süd-Staffordshire 141, in Yorkshire 28, in Derbyshire 30, in Shropshire 34, in Northumberland 36, davon befanden sich 14 auf der Hütte Consett und Crook-Hall, welche eine der gröfsten Englands war. In dem Zeitraume von 1806 bis 1848 hatte sich die Eisenerzeugung Englands um mehr als das Achtfache vermehrt. Die Gröfse der jährlichen Roheisenproduktion in einem Hochofen betrug durchschnittlich

	1806	1848
in England . . .	1545 Tonnen	4240 Tonnen
in Schottland . .	1274 „	6067 „

Aus vorstehendem ergiebt sich zur Genüge, wie grofsartig der Aufschwung der Eisenindustrie Englands war und welche aufserordentlichen natürlichen Vorteile ihr zu Gebote standen. Die besten Steinkohlen, Eisenerze und feuerfesten Thone lagen vielfach in reichen Lagern unmittelbar beisammen. Dabei hatte kein Land der Welt durch Natur und Kunst gleich günstige Transportmittel, keins hatte solche Absatzgebiete.

Im Mining Journal von 1849 findet sich folgende vergleichende Zusammenstellung der englisch-schottischen Roheisenproduktion in den Jahren 1806 und 1848:

Digitized by Google

	1806		1848	
Staffordshire	50 002	Tonnen	385 840	Tonnen
Yorkshire	27 646	„	66 560	„
Derbyshire	9 074	„	95 160	„
Shropshire	54 966	„	88 400	„
Northumberland . .	2 500	„	99 840	„
Cumberland	1 955	„	—	„
Lancashire	780	„	—	„
Mammouthshire . .	2 240	„	—	„
Schottland	22 840	„	539 968	„
Nord-Wales	2 981	„	16 120	„
Süd-Wales	68 867	„	706 680	„
	243 851	Tonnen	1 998 568	Tonnen.

Die Schmiedeeisen- und Stahlfabrikation hielt mit der Roheisenerzeugung gleichen Schritt. Besonders blühte die Tiegelgufsstahlfabrikation in Sheffield. Es gab im Jahre 1835 nach Porter[1]) in Sheffield 56 Cementieröfen und 554 Stahlschmelzöfen. Es wurden 12 000 Tonnen Stabeisen, wovon nur 2000 Tonnen im Inlande produziert waren, in Stahl verwandelt. In den Cementieröfen wurden 12 000 Tonnen, in den übrigen Öfen 81 000 Tonnen Steinkohlen verbrannt.

Ferner waren bedeutende Gufsstahlfabriken bei Newcastle. Im ganzen betrug die Einfuhr von Stabeisen aus Schweden und Rufsland um 1840 etwa 46 000 Tonnen, woran beide Länder zu fast gleichen Teilen beteiligt waren.

Die Eisenindustrie in Irland war fast gänzlich zum Erliegen gekommen. Mitte der 30er Jahre waren noch zwei Hochöfen, die etwa 1200 Tonnen Roheisen erzeugten, im Betriebe.

Frankreich 1831 bis 1850.

Frankreich nahm auch in diesem Zeitabschnitte die zweite Stelle unter den eisenerzeugenden Ländern der Welt ein. Aber da es nicht die günstigen Produktionsverhältnisse Englands hatte, blieb es weit hinter diesem zurück. Auch erzeugte es nicht soviel, als das reiche, industrielle Land gebrauchte, so dafs die Eiseneinfuhr namentlich aus England eine steigende war. Dennoch war der Aufschwung der französischen Eisenindustrie in dieser Zeit ein sehr bedeutender. Die

[1]) Porter, Progress of the Nation, p. 301.

Digitized by Google

Einführung der erhitzten Gebläseluft bei dem Hochofenbetriebe und der Bau der Eisenbahnen bewirkten auch hier eine grofse Steigerung der Produktion.

Noch wurde das meiste Roheisen mit Holzkohlen geschmolzen. Da dieses aber weitaus den Bedarf der Frisch- und Puddelhütten nicht deckte, so nahm die Produktion des Koksroheisens an den dafür geeigneten Orten rasch zu.

Die neuen grofsen Eisenwerke, die in dieser Periode entstanden, waren gröfstenteils für Steinkohlenbetrieb bestimmt. Vor allem nahm der englische, d. h. der Puddel- und Walzwerksbetrieb, einen grofsartigen Umfang an und entstanden mustergültige Werke. Auf dem Gebiete der Walzwerksindustrie haben französische Ingenieure Hervorragendes geleistet und gingen von Frankreich viele Verbesserungen hierin aus, wie z. B. die Erfindung und Einführung des Doppel-T-Eisens. Um die Einführung des Schlackenpuddelns in Frankreich erwarb sich der deutsche Professor Schafhäutl Verdienste, indem er dieses Verfahren 1837 in Creusot, Terre-noire und Alais einführte.

Was den Überblick über die Fortschritte der Eisenindustrie in Frankreich wesentlich erleichtert, ist die treffliche Statistik, die dieses Land früher und besser wie jedes andere Land eingerichtet hatte. Wer sich im einzelnen darüber unterrichten will, findet in jedem Jahrgange der Annales des Mines ausführliche statistische Tabellen über die Leistungen der französischen Eisenindustrie. Besonders vom Jahre 1834 an ist diese Statistik eine ganz systematische. Die Bergwerksadministration unterschied vier Klassen nach der Art der Eisenbereitung und 12 Gruppen nach geographischer Einteilung des Landes. Nach ihrer Produktionsweise war die Einteilung folgende:

I. Roheisen und Stabeisen mit Holzkohlen allein.
II. Roheisen und Stabeisen mit Holzkohlen und anderen Brennmaterialien (Steinkohlen, Koks, Torf, Holz).
III. Roheisen und Stabeisen mit mineralischem Brennstoff (Steinkohle und Koks) allein.
IV. Unmittelbare Stabeisenerzeugung mit Holzkohle (Katalan- und Korsikanschmiede).

Zu Klasse I gehörte 1. die östliche Gruppe, welche die Departements Haute-Sâone, Doubs, Jura, Haute-Rhin, Meurthe, Côte d'or und Vosges umfafste. Dieses Gebiet war noch reich an Waldungen und lieferte selbst den Bedarf an Holzkohlen. Dasselbe war mit den Eisenerzen der Fall, besonders hatte Haute-Sâone sehr reiche Gruben. Die meisten Erze gaben vortreffliches Eisen. Im Jahre 1836 zählte

Digitized by Google

man in diesem Bezirke 148 Hüttenwerke und 88 Hochöfen, die mit Holzkohlen betrieben wurden[1]).

Die technischen Fortschritte, die damals hauptsächlich in Frage standen, waren die Anwendung des erhitzten Windes, die Anwendung von rohem, gedörrtem oder halbverkohltem Holze im Hochofen, die Benutzung der Gichtflammen und der verloren gehenden Hitze der Frischfeuer und Flammöfen.

In Haute-Sâone bediente man sich 1836 auf den Hütten Cendrecourt, Estravaux und Velleron eines Gemenges von Holzkohle mit rohem und halbverkohltem Holze. Auf einigen Hütten wendete man heifsen Wind an, auf vier erhitzte man die Dampfkessel der Gebläsemaschine, welche auf der Gicht lagen, mit den Gasen des Hochofens. Bei den Hochöfen zu Brazey, Côte d'or, ersetzte man einen grofsen Teil der Holzkohlen durch mit der Gichtflamme verkohltes Holz.

Auch bei den Frischfeuern wendete man häufig erhitzten Wind an, und auf einigen Frischhütten hatte man die Hälfte der Holzkohlen durch getrocknetes Holz ersetzt. Die gebräuchliche Frischmethode war die Comté- oder die hochburgundische Frischschmiede. Im Departement Doubs benutzte man die Gichtflamme der Hochöfen und die verloren gehende Hitze verschiedener Frischfeuer. Im Jura und den Vogesen war die Anwendung des heifsen Windes beim Frischen sehr verbreitet. Auf den Frischhütten zu Oberbruck im Departement Haute-Rhin wendete man heifsen Wind an und ersetzte die Hälfte der Holzkohlen durch getrocknetes Holz.

2. Die nordwestliche Gruppe zählte 1836 59 Hüttenwerke mit 59 Hochöfen, welche in den Departements Eure, Orne, Mayenne, Morbihan, Sarthe, Loire-Inférieure, Côtes du Nord, Eure und Loire, Ille und Villaine, Manche, Loire und Cher, Maine und Loire lagen. Auch dieses Gebiet verarbeitete eigene Erze mit Holzkohlen. Hier war die Wallonschmiederei noch zu Hause. Zwei Puddlingswerke in der Nähe des Meeres bezogen englische Steinkohlen.

3. Die Gruppe der Indre mit 21 Hütten und 20 Hochöfen in den Departements Indre, Vienne, Indre und Loire, Deux-Sèvres und in dem nördlichen Teile der Haute-Vienne. Hier war die als Methode von Berri betriebene Wallonfrischerei durch die Methode von Comté (die deutsche Frischschmiede) ersetzt worden.

4. Die Gruppe von Périgord mit 115 Hüttenwerken, 62 Hochöfen und 5 katalonischen Herden in den Departements der Dordogne,

---

[1]) Siehe Karsten a. a. O., Bd. I, S. 76.

Digitized by Google

Charente, Tarn und Garonne, Corrèze, Lot, sowie im südlichen Teile der Haute-Vienne und im nordöstlichen Teile der Lot und Garonne. Dies Gebiet ist reich an vortrefflichen Erzen, und das daraus erzeugte Eisen war sehr gut. Vereinzelt wurden schon Steinkohlen angewendet, die teils von England und Belgien bezogen wurden, teils aus den kleinen Kohlenrevieren von Dordogne und Corrèze stammten.

5. Die südöstliche Gruppe zählte damals 39 Hüttenwerke mit 9 Hochöfen und umfaſste die Departements Isère, Drôme und Vaucluse. Dies war das Stahlrevier Frankreichs, für das die hier vorkommenden Spateisensteine das Rohmaterial lieferten. Stabeisen wurde in Comtéschmieden, welche die alten bergamaskischen Schmieden verdrängt hatten, gewonnen. Das Gebiet besitzt sehr reiche Erzlager und lieferte vortreffliches Eisen. Hier wendete man auf der Hütte zu Vienne zuerst in Frankreich den heiſsen Wind bei den Hochofenschmelzen an.

Das Verfahren bei der Stahlgewinnung nannte man die Methode von Rives, nach dem Hauptproduktionsorte. Zur Beschleunigung des Verfahrens hatte man angefangen, das Ausheizen des Rohstahles zum Verschmieden in besonderen Herden mit Steinkohlen vorzunehmen.

In einem groſsen Teile von Frankreich war man schon zu dem gemischten Verfahren der Klasse II übergegangen. Hierzu gehörten:

6. Die nordöstliche Gruppe. Diese besaſs 1836 94 Hüttenwerke mit 55 Holzkohlenöfen und 4 Hochöfen, in denen abwechselnd Holzkohlen und Koks angewendet wurden. Sie umfaſste die Departements Ardennen, Mosel, Niederrhein, Aisne, den nördlichen Teil des Maas- und den südlichen Teil des Norddepartements. Hier wendete man zum Frischen teils die Methode von Comté, teils die der Champagne an. Die Erze kamen im Gebiete selbst vor, die Holzkohlen bezog man meist aus Belgien und Luxemburg. Steinkohlen und Koks kamen von Saarbrücken und von Charleroi und Lüttich zu Wasser. An der Grenze von Luxemburg wurde 1836 die Hütte von Gorcy gegründet.

Auf dem Hüttenwerke Biévres in den Ardennen wurden, wie früher erwähnt, die ersten Versuche mit der Anwendung von halbverkohltem Holze in Frankreich gemacht, welches Verfahren sich von hier aus rasch verbreitet hat. Es stand um 1840 in Anwendung auf den Hütten von Haraucourt, Vendresse, Mazures, St. Nicolas, Linchamp in den Ardennen, und zu Montblainville, Sténay und Chauvency im Maasdepartement. Im Moseldepartement lagen die Hütten von Hayange und Moyeuvre, welche an der Spitze der hüttenmännischen Fortschritte standen. Ähnliches gilt von den Hütten im

Digitized by Google

Departement des Niederrheins Niederbronn, Jägerthal, Reichshofen und Zinsweiler.

7. Die Gruppe der Champagne und Burgund zählte 152 Hütten mit 121 Hochöfen und begriff in sich das Departement Haute-Marne, den südwestlichen Teil des Departements Côte d'or, das Bassin der Seine und ihrer Zuflüsse, den südlichen Teil des Departements der Maas, den nordwestlichen der Vogesen und die Departements Isonne und Marne. Diese Gruppe war für die Entwickelungsgeschichte der französischen Industrie von besonderer Bedeutung dadurch, dafs sich hier der gemischte Betrieb ausgebildet hatte, den man als Methode der Champagne bezeichnet. Bei dieser wurde das meist in Holzkohlenhochöfen erblasene Roheisen ohne vorheriges Feinen in Flammöfen mit Steinkohlen gepuddelt und in Wärmfeuern mit Steinkohlen ausgeheizt. Statt der Wärmfeuer fing man bereits an, Flammschweifsöfen zu verwenden. Dadurch, dafs das Frischen mit Steinkohlen geschah, wurde viel Holz gespart, das zur Vermehrung der Roheisenproduktion verwendet werden konnte. Die Steinkohlen wurden nur aus französischen Gruben, in dem Seine- et Loire- und Loire-Departement, die ziemlich weit entfernt waren, bezogen.

Bei den Hochöfen zu Éclaron und Allichamp setzte man den Holzkohlen 5 bis 6 Proz. Koks zu, auf einigen anderen Hütten rohes und halbverkohltes Holz. Dass die Puddelöfen Vorwärmherde hatten, ist früher erwähnt worden. In der Hütte zu Sionne wurde der Dampf für das Walzwerk durch die abgehenden Flammen von zwei Puddelöfen und einem Schweifsofen erzeugt.

8. Die Gruppe des Centrums mit 124 Hüttenwerken, 49 Holzkohlenhochöfen, 4 Kokshochöfen, 4 mit Holzkohlen und Koks betriebenen Öfen in den Departements Nièvre, Saône und Loire, Cher und Allier. In diesem Gebiete, in dem Steinkohlen bei Creusot, Blanzy und bei Commentry vorkommen, waren die verschiedensten Frischmethoden vertreten.

Die Hochöfen von Lavache, Bizy und Raveau wurden mit erhitzter Gebläseluft betrieben. Auf dem Puddlingswerke zu Imphy hatte man mit einem Zusatze von Braunstein, Kochsalz und gebranntem Kalk beim Puddlen gute Erfolge erzielt. Man heizte hier mit der abgehenden Wärme der Frischherde auch die Dampfkessel. Hier und zu Fourchambault erhielt man durch Auswalzen des in Comtéschmieden gefrischten Eisens ein vortreffliches Material für die Artillerie und zu dem Seileisen für die Marine.

In dem Departement Saône und Loire lag das berühmte Hütten-

Digitized by Google

werk Le Creuzot oder Creusot[1]). Hier wurde mit Koks geschmolzen und bei dem Puddelbetrieb hatte man Kochöfen (fours bouillants) eingeführt und puddelte nach dem Schafhäutlschen Verfahren.

Der gröfste Teil der im Thale von Aubois im Departement Cher gelegenen Hochöfen wurde mit einem Gemenge von Holzkohlen und Koks betrieben. Auf der Hütte zu Tronçais im Allierdepartement hatte man zuerst das Luppeneisen der Comtéschmiede in Schweifsöfen mit Steinkohlen ausgeheizt und unter Walzwerken ausgereckt. Die verlorene Flamme der Schweifsöfen verwendete man zur Dampfkesselheizung.

9. Die südwestliche Gruppe mit 21 Hütten, 16 Holzkohlenöfen und einem Katalanfeuer umfafste die Departements des Landes, Gironde, Lot und Garonne und Nieder-Pyrenäen. Hier wurde das Eisen teils in Comtéschmieden, teils in Puddelöfen mit Holz und Torf gefrischt.

Die wichtigsten Fortschritte vollzogen sich in der Klasse III, den Eisenwerken, welche nur Steinkohlen und Koks verwendeten. Hierzu gehörten:

10. Die Gruppe der nördlichen Steinkohlenreviere mit 7 Hüttenwerken, wobei 2 Koksöfen, in den Departements du Nord, Pas-de-Calais und Oise. Sie lehnte sich geographisch und technisch an die belgische Eisenindustrie, namentlich des Gebietes von Charleroi, an. Der englische Puddelprozefs war vorherrschend. Die Steinkohlen kamen zum Teil aus Belgien, hauptsächlich aber aus dem Becken von Valenciennes im Norddepartement. Die beiden grofsen Hüttenanlagen von Denain und Anzin, ganz nach englischer Art eingerichtet, wurden 1835 in Betrieb gesetzt. Weitere 10 Kokshochöfen waren 1836 im Arrondissement Avesnes zum Bau angemeldet.

Im Departement Oise hatte man doppelte Puddelöfen mit zwei einander entgegenstehenden Arbeitsöffnungen, welche zwölfmal in 24 Stunden jedesmal mit 300 kg Roheisen besetzt wurden. Im Schweifsofen gab man nicht, wie in England, zwei volle Schweifsluppen, sondern reckte das Paket nur teilweise aus, gab es rotglühend in den Ofen zurück, wo es kurz gewärmt und dann völlig ausgereckt wurde. Das alte Eisen, welches man verarbeitete, wurde, vor dem Zusammenlegen in Pakete, in Waschtrommeln gereinigt.

11. Gruppe der südlichen Steinkohlenreviere mit 15 Hüttenanlagen und 22 Kokshochöfen in den Departements Loire, Aveyron, Ardèche, Gard, Rhone und Isère, welche auf dem ausgedehnten zusammenhängenden Kohlengebiete von Rive de Gier und St. Etienne

[1]) Über die Einrichtungen dieses Hüttenwerkes findet man Angaben und Abbildungen bei Le Blanc und Walter a. a. O.

Digitized by Google

am Fuſse der Berge der Auvergne lagen. Hier waren die groſsartigsten und schönsten Hüttenanlagen im Anfange der 30er Jahre entstanden. Die Hütten zu Decazeville und Firminy im Aveyron und die Hütte zu La Voulte im Ardèche[1]), zu Terre-noire im Loiredepartement und zu Alais im Garddepartement. Die Hütte zu Decazeville, welche 1830 gegründet wurde, hatte 6 Hochöfen und ein groſses Puddel- und Walzwerk. Sie war eine der schönsten Anlagen ihrer Zeit.

Auf der Hütte zu Decazeville hatte man 1834 den Betrieb mit roher Steinkohle zuerst mit Erfolg eingeführt. Man nannte die Departements Aveyron und Gard das Staffordshire und Wales von Frankreich. Die Hütten im Loiredepartement bezogen Holzkohlenroheisen aus anderen Gruppen und verarbeiteten es mit ihrem eigenen Roheisen zu besseren Stabeisensorten.

Die IV. Klasse umfaſste die Werke mit direkter Darstellung, welche noch in den Pyrenäen und auf Korsika in Anwendung war. Die 12. Gruppe der Pyrenäen umfaſste 99 Hüttenwerke mit 117 Katalanherden in den Departements Arriège, Ostpyrenäen, Aude, Haute-Garonne, Tarn, Nieder- und Ober-Pyrenäen und Gard. In diesem Gebiete gab es keinen einzigen Hochofen. Die Produktion von Korsika war sehr zurückgegangen.

Die Eisenerzeugung von 1837 verteilte sich auf die verschiedenen Gruppen in folgendem Verhältnis:

	Roh- und Gufseisen		Schmiedeeisen	
1. Gruppe	555 704	M.-Ctr.	293 398	M.-Ctr.
2. „	241 173	„	113 516	„
3. „	59 118	„	29 146	„
4. „	151 194	„	92 026	„
5. „	20 523	„	2 865	„
6. „	469 375	„	309 143	„
7. „	827 400	„	429 535	„
8. „	375 558	„	274 407	„
9. „	72 262	„	37 293	„
10. „	22 601	„	93 278	„
11. „	288 722	„	276 905	„
12. „	—	„	94 913	„
12a. „	—	„	1 190	„
	3 083 630	M.-Ctr.	2 047 615	M.-Ctr.

[1]) Über das Eisenwerk findet man viele nähere Angaben und Abbildungen der Betriebseinrichtungen, Maschinen u. s. w. bei Le Blanc und Walter a. a. O.

Digitized by Google

Nach Sorten war die Erzeugung von

a) Roheisen:

	Roheisen	Gufseisen	Summa
mit Holzkohlen erblasen	2232503	387550	2620053
„ Koks erblasen	361489	21471	382960
„ gemischtem Brennstoff erblasen .	69937	10680	80617
	2663929	419701	3083630

b) Stabeisen:

von Katalanschmieden	97738	M.-Ctr.
„ Comtéschmieden	897601	„
„ Wallonschmieden	99503	„
„ der Methode von Nivernais und Bergamo . .	11934	„
„ „ „ der Champagne	443766	„
englische Methode	497123	„
	2047665	M.-Ctr.
c) Rohstahl	27648	M.-Ctr.
d) Cementstahl	21617	„
e) Gufsstahl	3932	„
f) Band- und Feineisen	219931	„
g) Schmiedeeisen	383938	„
h) Eisendraht	119109	„
i) Schwarzblech	201102	„
k) Weifsblech	42263	„

Im Betriebe standen 1836: Holzkohlenöfen 419, Kokshochöfen 20, Hochöfen mit gemischtem Brennmaterial 5, Luppenfeuer 103, Comtéfrischfeuer 763, Wallonherde zum Frischen 86, zum Strecken 46; Vorbereitungsherde (foyers de mazéage) nach der Methode von Nivernais und Bergamo 22, Frischherde 35; nach der Methode der Champagne Puddlingsöfen 126, Schweifsöfen 117; nach der englischen Methode Feineisenfeuer 18, Puddlingsöfen 93, Schweifsöfen 43; ferner Rohstahlfeuer: Vorbereitungsherde 26, Stahlfrischherde 77.

In den Giefsereien waren 100 Flammöfen und 238 Kupolöfen im Betriebe, welche 315062 M.-Ctr. Gufswaren zweiter Schmelzung lieferten.

Die Einfuhr Frankreichs betrug 1836: 219598 M.-Ctr. Roheisen, 92304 M.-Ctr. Stabeisen und 16971 M.-Ctr. Stahl, davon betrug der Bezug

	Roheisen	Stabeisen	Stahl
aus Grofsbritannien . .	103673 M.-Ctr.	23920 M.-Ctr.	3887 M.-Ctr.
„ Belgien u. Holland	93036 „	103 „	2289 „
„ Schweden	13 „	41857 „	12 „
„ Deutschland . . .	15769 „	6687 „	5194 „

Digitized by Google

Nur durch hohe Schutzzölle war die französische Eisenindustrie zu dieser Höhe gekommen und nur durch diese konnte sie sich erhalten, da die Produktionskosten doppelt so hoch waren als in England. Dem entsprechend war aber auch der Schutzzoll bemessen; er betrug z. B. bei Eisenbahnschienen ebensoviel wie die Produktionskosten, infolgedesen englische Eisenbahnschienen in Paris 1841 45 Frcs. 22 Ctm. pro 100 kg kosteten, nämlich:

Ankauf in England	20	Frcs.	60	Ctm.
Schiffsfracht bis Havre . . .	2	„	—	„
Zoll	20	„	62	„
Fracht von Havre nach Paris	2	„	22	„
	45	Frcs.	22	Ctm.

während französische Schienen zu 37 Frcs. geliefert werden konnten. Die Preisdifferenz zwischen dem englischen und französischen Eisen zahlte hauptsächlich die französische Landwirtschaft an die französische Eisenindustrie. Der Eisenverbrauch der Landwirtschaft betrug aber nach einer Aufstellung von de la Rochefoucault 75 Millionen Kilogramm, welche sich zu dem damaligen Preise von 90 Frcs. für 100 kg Schmiedeeisen auf 67 500 000 Frcs. berechneten. Da dieses Eisen zu weniger als dem halben Preise von England bezogen werden konnte, so betrug das Opfer der Landwirtschaft über 30 Millionen Franken in einem Jahre[1]).

Unter diesem starken Schutze war das Wachstum der französischen Eisenindustrie ein stetig zunehmendes. Die Roheisenproduktion, die 1819 112 500 Tonnen, 1825 198 566, 1830 266 361 Tonnen betragen hatte, stieg von 1834 bis 1846 in nachfolgendem Verhältnis:

	Roheisenproduktion		Stabeisenproduktion	
1834	269 063	Tonnen	177 194	Tonnen
1835	294 800	„	209 539	„
1836	308 363	„	210 580	„
1837	331 678	„	214 613	„
1838	347 778	„	224 196	„
1839	350 172	„	231 761	„
1840	347 773	„	237 379	„
1841	377 142	„	263 747	„
1842	399 456	„	284 824	„
1843	422 622	„	308 445	„
1844	427 175	„	315 012	„
1845	438 969	„	342 261	„
1846	522 385	„	360 190	„

[1]) Siehe Scrivenor, History of the Iron Trade, p. 311.

Digitized by Google

Die Zahl der Hochöfen stieg in dieser Zeit von 409 auf 623, die Zahl der Kokshochöfen von 30 auf 128. Die Zunahme der Roheisenproduktion kam fast ausschliefslich auf die Zunahme des Koksroheisens. 1830 hatte die Koksroheisenproduktion nur 542066 M.-Ctr. betragen, 1840 war sie auf 1541260 M.-Ctr. und 1850 auf 3522680 M.-Ctr. gestiegen.

Aus den Zahlen obiger Tabelle erkennt man, dafs die Krisis von 1839, die England und Belgien schwer heimsuchte, auch auf die französische Eisenproduktion ihren Einfluſs ausübte, wenn auch nicht in gleichem Maſse. Der Maschinenbau und der Bau von Dampfschiffen hob sich gerade in den Jahren 1839 bis 1844 sehr. Die Stahlproduktion Frankreichs nahm in derselben Zeit von 6384 bis 12954 Tonnen zu. Diese Zunahme beruhte auf der Ausbreitung der Cementstahlfabrikation. Im Moseldepartement machte man Rohstahl aus Rohstahleisen von der Saynerhütte in Preufsen.

Auch die Gewerbeausstellungen zu Paris von 1844[1]) und 1849 erwiesen es deutlich, dafs die französische Eisenindustrie in allen Zweigen des Eisenhüttengewerbes rasch und gleichmäfsig vorgeschritten war. Grofsartige Werke waren in der Zeit entstanden. Die Gesellschaft von Vierzon besafs 9 Hochöfen, Creusot 7 Hochöfen, 40 Puddel- und 33 Schweifsöfen. Im Maasdepartement war die wichtige Hütte von Abainville entstanden, im Cherdepartement die von Fourchambault und Imphy. Die Hütte von La Voulte im Ardèchedepartement produzierte 1849 36000 Tonnen Roheisen und 20000 Tonnen Stabeisen. Der Steinkohlenbetrieb hatte sich namentlich beim Eisenfrischen seit 1844 sehr ausgedehnt. Das Roheisen wurde 1849 noch zu zwei Drittel mit Holzkohlen erblasen, während kaum mehr ein Viertel des Stabeisens mit Holzkohle gefrischt wurde.

Von technischen Fortschritten im französischen Eisenhüttenwesen erwähnen wir die nachfolgenden. Die Anwendung der erhitzten Gebläseluft zum Hochofenbetriebe wurde zuerst 1831 von Phil. Taylor auf den Hütten von Vienne (Departement Isère) und La Voulte (Departement Ardèche) eingeführt. Diesen folgten die Hochöfen von Terrenoire bei St. Etienne (Loiredepartement), Alais (Garddepartement), Firmy und Decazeville (Aveyrondepartement). 1842 gingen 322 Hochöfen mit kalter, 117 mit heifser Luft.

Die Gichtgase des Hochofens wurden zuerst 1838 auf dem Eisenhüttenwerke Jägerthal (Niederrhein) zur Eisenfabrikation verwendet.

---

[1]) Bericht hierüber s. Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1844, S. 1089.

Digitized by Google

Thomas und Laurent führten 1841 das Gaspuddeln auf der Eisenhütte zu Treveray im Moseldepartement ein, und zwar mit solchem Erfolge, dafs das Werk 1844 bei der Industrieausstellung in Paris mit der goldenen Medaille ausgezeichnet wurde. Fast ebenso früh führte von Dietrich das Gaspuddeln in Niederbronn ein. 1840 hatte man bereits auf der Hütte zu Clerval die Hochofengase zur Dampferzeugung verwendet. Zu Audincourt wurden zuerst Gasgeneratoren angewendet und Generatorgasbetrieb bei den Puddel- und Schweifsöfen eingeführt.

Die Anwendung des trocknen, gedörrten (bois torréfié) und halbverkohlten Holzes (charbon roux) zum teilweisen Ersatze der Holzkohle hatte in den 30er Jahren ausgedehnte Anwendung gefunden; 1839 wurden 39 Hochöfen damit betrieben, 1846 dagegen nur 25. Grofse Verbesserungen erfuhr die Koksfabrikation in Frankreich. Zum Verfrischen des Eisens bediente man sich mehr und mehr der englischen Methode, d. h. der Puddel- und Walzwerke. De Wendel zu Hayange puddelte 1840 zuerst unter Anwendung erhitzter Gebläseluft.

Die Methode der Champagne hatte zwar an Ausbreitung gewonnen, an Wichtigkeit aber gegen Ende der Periode verloren, namentlich in der Champagne selbst.

Grofse Fortschritte hatte der Maschinenbau und die Verwendung der Dampfmaschinen bei der Eisenbereitung gemacht. Fourchambault und Torteron zeichneten sich durch vortrefflichen Hochofenguls aus. 1837 gründeten Petin u. Gaudet das nachmals so berühmte Stahlwerk Saint-Chamond. Einen besonderen Aufschwung hatte das altberühmte Eisenhüttenwerk bei Creusot gewonnen, seitdem es 1837 in den Besitz der Herren Gebrüder Schneider u. Komp. (für 2680000 Frcs.) gelangt war.

Das ausgedehnte Werk hatte während der napoleonischen Zeit nur mit Mühe sein Dasein gefristet. 1818 mufste die alte Gesellschaft von St. James liquidieren, nachdem ein auf 14 Millionen Franken veranschlagtes Kapital absorbiert war. Die Familie Chagot, welche den gröfsten Teil der Aktien erworben hatte, übernahm das Werk, verkaufte es aber 1826 an die Gesellschaft Manby, Wilson u. Komp., welche neue Hammerwerke errichtete. Aber auch diese Gesellschaft mufste sich nach sieben mühevollen Jahren, nachdem sie mehr als 11 Millionen Franken für die Anlagen verwendet hatte, im Juni 1833 bankrott erklären. Um diese Zeit wurde die mit dem Werke verbundene Krystallglasfabrik niedergerissen. Nach einem zweijährigen Syndikat gelangte es 1836 durch Verkauf am 1. Januar 1837 in den

Digitized by Google

Besitz der Herren Gebrüder Schneider u. Komp. Diese erbauten sofort grofse Werkstätten für Lokomotivbau und Schiffsmaschinen. 1839 waren 4 Hochöfen im Betriebe, welche an 11000 Tonnen Roheisen produzierten. 1849 war die Eisenproduktion auf 36000 Tonnen gestiegen. An Stabeisen waren im ersteren Jahre 6000, im letzteren 20000 Tonnen erzeugt worden. Die grofse Maschinenbauanstalt lieferte 1839 stationäre und Schiffs-Dampfmaschinen von ca. 2500 Pfdekr., 1849 von 5000 Pfdekr. Man nannte Creusot das Seraing Frankreichs. Es gehörte 1841 mit Decazeville, Alais, Terre-noire und Hayange zu den gröfsten Schienenwalzwerken Frankreichs. Von 1839 bis 1849 wurden hier 80 Millionen Kilogramm Schienen erzeugt.

Die Hüttenwerke der zweiten Gruppe, namentlich der Champagne und Bourgogne, wendeten sich mehr und mehr dem Steinkohlenbetrieb zu und dieser Übergang wurde gefördert durch den Bau der Kanäle, die dieses Gebiet mit den Steinkohlengebieten der Saar, der Maas und der Loire verbanden.

In der Gruppe der Steinkohlengebirge des Nordens waren 1844 mehrere grofse Puddelwerke von belgischen Hochofenbesitzern zur Verarbeitung belgischen Roheisens angelegt worden; es waren dies die Werke Maubeuge forge, Hautmont und Crespin. Auch das grofse Werk Anzin verarbeitete belgisches Roheisen. 1848 erbauten Dupont und Dreyfufs das wichtige Eisenwerk zu Ars-sur-Moselle, welches für die Herstellung von Baueisen, namentlich von doppelt T-Eisen bahnbrechend wurde.

Die Blechfabrikation hatte sich in den 10 Jahren von 1834 bis 1844 verdoppelt. 1841 wurden 262 Tonnen erzeugt. Das beste Schwarz- und Weifsblech wurde in den Vogesen, namentlich zu Framont gemacht. Die Fabrikation des verzinkten Eisenblechs (fers galvanisés) hatte 1844 bereits einen grofsen Umfang gewonnen, namentlich in Paris. Zu Audincourt fabrizierte man auch verbleites Eisenblech. — Ebenso hatte sich die Drahtfabrikation seit 1830 sehr gehoben und lieferte 1841 154 Tonnen.

Mit der Zunahme der Eisenerzeugung ging eine Abnahme des Eisenpreises Hand in Hand. Während in der Champagne 1830 die Tonne Eisen noch 425 Frcs. kostete, betrug der Preis 1835 380 Frcs., 1840 350 Frcs., 1845 300 Frcs. Der Preis der Gufswaren war von 1837 bis 1844 von 385 auf 220 Frcs. die Tonne gesunken. Trotz des Schutzzolles und des Aufschwunges der französischen Eisenindustrie hatte die Einfuhr zugenommen. Die Einfuhr von Roheisen hatte 1827 7794 Tonnen, 1841 26933 Tonnen, 1843 42207 Tonnen betragen.

Digitized by Google

Die Einfuhr von verarbeitetem Eisen war dagegen nicht in demselben Verhältnisse gestiegen.

Auf die Herstellung schmiedbaren Gusses — die alte Erfindung Reaumurs — erhielt 1836 der Engländer Elliot ein französisches Patent (!).

Um die Cementstahlfabrikation Frankreichs erwarb sich Le Play durch seine vortrefflichen Abhandlungen über das Stahlcementieren und die englische Stahlfabrikation Verdienste[1]). Er wies darin besonders auf die grofsen Vorzüge des schwedischen Eisens für die Gufsstahlbereitung hin. Erst seit 1817 hatte man wieder angefangen, der Cementstahlfabrikation einige Beachtung zu schenken. Die Stahlfabrikation war bekanntlich die schwächste Seite der französischen Eisenindustrie und jährlich wanderten grofse Summen Geldes für Stahl in das Ausland. 1827 war für 697000 Frcs., 1833 für 802978 Frcs., 1837 für 1325395 Frcs. Stahl eingeführt worden. 1831 hatte die Stahleinfuhr 528320 kg betragen, wovon 311440 kg aus Preufsen kamen. Die französische Regierung unterstützte die inländische Stahlfabrikation und suchte sie zu heben. Sie schützte sie durch einen Wertzoll von 120 Proz. Um 1820 hatten die Engländer Jackson frères zu Assailly im Loiredepartement eine grofse Stahlfabrik angelegt, sie beschäftigten 1839 130 Arbeiter und machten 1350000 Ctr. Gärb-, Raffinier- und Gufsstahl.

Sir Henry in Neuilly machte seit 1839 ebenfalls eine Art von Gufsstahl, den er acier fusible nannte; es war dies ein getempertes Gufseisen. Cementstahl wurde hauptsächlich im Loiregebiete und in den Pyrenäen gemacht.

Die Stahlproduktion Frankreichs betrug 1841

1. Rohstahl:

Gruppe von Isère	15920 M.-Ctr.	
„ „ Elsafs-Lothringen	3479 „	
Das übrige Frankreich . . .	12623 „	32022 M.-Ctr.

2. Cementstahl:

Gruppe der Pyrenäen . . .	21304 M.-Ctr.	
„ „ Loire	9155 „	
Stahlwaren von Städten . . .	3582 „	
Das übrige Frankreich . . .	2797 „	36838 „
		68860 M.-Ctr.

[1]) Die drei grofsen und vorzüglichen Abhandlungen finden sich in den Annales des Mines 1841, 3. Ser., XIX.

Digitized by Google

Seit 1840 machte sich durch das Erblühen der inländischen Stahlindustrie eine Abnahme der englischen Einfuhr bemerkbar. Die Gufsstahlfabrikation der Loirewerke nahm rasch zu. 1844 betrug die Gufsstahlerzeugung Frankreichs 18602 M.-Ctr., hiervon lieferten die Loirewerke, besonders das grofse Werk zu Lorette, 16127 M.-Ctr. Die Stahlhütte zu Lorette, der Firma Neyraud, Thiollière, Verdié u. Komp. gehörig, hatte zwei grofse Cementieröfen zu je 40000 kg, 20 Gufsstahlschmelzöfen, 3 Reverberieröfen zum Vorwärmen der Barren für das Walzen, 6 Doppelöfen zum Anwärmen der Stahlstangen, welche unter den Hammer kamen. Sie hatte 1 Walzwerk für grofse Kaliber, 1 für kleine Kaliber und 1 Stahlblechwalzwerk, 1 Dampfhammer von 2000 kg Hammergewicht und 1 grofsen Stahlhammer von 1800 kg Gewicht und produzierte über 1 Million Kilogramm Stahl.

Aus folgender Tabelle ersieht man das Wachstum der Gufsstahlfabrikation in Frankreich. Es wurde produziert:

	Stahl	darunter Gufsstahl
1831	52375 M.-Ctr.	1580 M.-Ctr.
1841	78488 „	9628 „
1850	109820 „	20500 „

Le Play giebt in seiner Abhandlung von 1846 (Annales des Mines IX, p. 113) folgende Preise für 100 kg an:

für steirischen Schweifsstahl	55 bis 60 Frcs.
Schweifsstahl von Isère	83 „
französischer Gufsstahl aus fers du Nord de troisièrse corroyage	120 bis 130 „
englischer Gufsstahl I aus Dannemoraeisen . .	170 „ 190 „
französischer Gufsstahl aus schwedischem Eisen	230 „

Die Sensenfabrikation war eine neue Industrie in Frankreich, die aber gute Fortschritte machte. 1826 waren nur für 72000 Frcs., 1833 für 300000 Frcs., 1837 von 62 Sensenschmieden für 1699003 Frcs. Sensen fabriziert worden. Trotzdem nahm die Senseneinfuhr in dieser Zeit noch zu, sie war in den Jahren 1833 bis 1837 von 236659 kg auf 307610 kg Sensen und 38404 kg Sicheln gestiegen; dieselben kamen meist aus Deutschland.

Die Fabrikation von Messerwaren war in dieser Zeit sehr zurückgegangen. 1817 hatte die Produktion noch 129460 kg betragen, 1837 dagegen nur 74340 kg. Die Drahtstiftenfabrikation war eine französische Specialität und machte namentlich Stotz fils in Paris vorzügliche Maschinen für diesen Gewerbszweig. Sehr bedeutend war

Digitized by Google

die französische Waffenfabrikation. Die drei grofsen staatlichen Kanonengiefsereien waren zu Ruelle bei Angoulème, zu Nevers und zu St. Gervais. Dieselben lieferten (1839) gufseiserne Kanonen, welche an Güte den schwedischen nicht nachstanden. Die Produktion hatte 1835 1414710 kg betragen. 1847 hatte die französische Eisenindustrie durch die politischen Unruhen schwer zu leiden und dieser kritische Zustand dauerte bis zum Schlusse dieses Zeitabschnittes. Von 1847 bis 1850 stockte der Hüttenbetrieb und hatten namentlich die mit Holzkohlen betriebenen Werke einen schweren Stand.

Belgien 1831 bis 1850.

In Belgien nahm die Eisenindustrie in dieser Periode einen ganz aufserordentlichen Aufschwung. Eine Entwickelung, wie sie die belgische Eisenindustrie in den wenigen Jahren von 1836 bis 1840 nahm, hat wohl kaum ein anderes Land aufzuweisen. Wohl hatten unternehmende Männer, an ihrer Spitze John Cockerill, schon in den 20er Jahren den Grund gelegt und den Samen für diese Blüte ausgestreut, aber die Revolution von 1830 schien alle die kaum begonnenen Unternehmungen wieder in Frage zu stellen. Belgien rifs sich von Holland los und vertrieb seinen König Wilhelm, der so viel für die Eisenindustrie Belgiens gethan hatte. Er war an den grofsen Gründungen Cockerills, namentlich an dem grofsen Eisenwerke zu Seraing persönlich mit grofsen Summen beteiligt. Die Auflösung dieser Verbindung mufste die Existenz dieser Werke in Frage stellen. Mehrere Jahre dauerte der Zustand der Sorge und Ungewifsheit, bis 1833 die belgische Regierung in richtiger Erkenntnis der Bedeutung Seraings für den belgischen Staat, den Anteil des Königs von Holland übernahm. Nun blühten die Werke, unterstützt von der klugen und unternehmenden neuen Regierung, in überraschender Weise auf. Schon 1831 war ein neuer Zolltarif erlassen worden, der für die Eisenindustrie des Landes sehr günstig war, der Einfuhrzoll für Roheisen wurde von 55 Ctm. auf 2 Frcs. 42 Ctm. pro 100 kg, der des Stabeisens von 9 Frcs. auf 12 Frcs. 72 Ctm. erhöht. Bald danach fafste man den Plan, Eisenbahnen zu bauen. König Leopold lud 1834 George Stephenson ein, nach Belgien zu kommen und dieser entwarf ein einheitliches Eisenbahnnetz. Der junge Staat, ungehindert durch Vorurteile der Vergangenheit und kühn aufstrebend, nahm die Ausführung dieses Eisenbahnnetzes selbst in die Hand. So entstand das erste Staatsbahnnetz und nicht nur das, sondern überhaupt das

Digitized by Google

erste planmäfsig durchgeführte Eisenbahnnetz. Denn bis dahin waren immer nur Bahnen aus lokalen Interessen gebaut worden, um gewisse wichtige Handels- und Industrieplätze miteinander zu verbinden. Belgien aber baute ein vollständiges Netz von Bahnen von Mecheln als Ausgangspunkt nach allen Hauptrichtungen hin. Der Bau wurde alsbald begonnen, am 5. Mai 1835 die Strecke Brüssel-Mecheln eröffnet und bis 1843 das ganze Netz in einer Länge von 560 km vollendet. Die belgische Regierung hatte dafür über 62 Millionen Franken verausgabt. Ähnliche Leistungen konnte damals kein anderes Land aufweisen und Belgien war darin insbesondere Frankreich weit vorausgeeilt.

Der Bau der belgischen Eisenbahnen gab der Eisenindustrie des Landes einen mächtigen Impuls. Mit dem Bau der Bahnen hatte die Regierung zugleich ins Auge gefafst, die nötigen Baumaterialien im eigenen Lande zu erzeugen, namentlich die Eisenbahnschienen im Inlande anfertigen zu lassen. Dadurch kamen die bestehenden Werke in schwungvollen Betrieb und neue wurden angelegt. Der belgische Patriotismus unterstützte die Mafsregeln der Regierung und ermöglichten es, im eigenen Lande die Summen aufzubringen, die zu diesen grofsartigen Gründungen nötig waren. Wieder war es John Cockerill, der der geistige Leiter dieser Bewegung war. Er gab die Veranlassung zur Gründung der Belgischen Bank mit einem Kapital von 20 Millionen Franken und beteiligte sich selbst in ausgedehntem Mafse an dem Unternehmen. Durch diese Konkurrenz erwachte auch die alte Société Générale pour favoriser l'industrie nationale, welche noch unter niederländischer Herrschaft ins Leben getreten war, zu neuem Leben und bald nach Gründung der Belgischen Bank entstanden noch zwei ähnliche Institute, die Société de Commerce mit 10 Millionen Kapital und die Société Nationale mit 15 Millionen.

Alle diese Geldinstitute wetteiferten darin, die Industrie Belgiens zu fördern. Am 1. Juli 1835 entstand die grofse Eisenwerksgesellschaft Société anonyme de Marcinelle et Couillet unter dem Protektorat der Société Générale. Die Belgische Bank gründete 1835 das Kohlen- und Hochofenwerk von Ougrée mit 2400000 Frcs., 1836 die Maschinenbaugesellschaft St. Léonard mit 1600000 Frcs., das Kohlen- und Hochofenwerk Espérance mit 4 Millionen und 1837 das Walzwerk von Ougrée mit $3^1/_2$ Millionen Franken.

Die Société Générale rief 1836 das grofse Eisenwerk Solessin mit 8 Millionen Franken ins Leben.

Digitized by Google

Im ganzen hatten die vier grofsen Bankinstitute Belgiens bis zum Jahre 1837 ein Kapital von 130 Millionen Franken auf Hüttenanlagen verwendet.

Die grofsartigen Etablissements Belgiens wurden schon damals alle als Aktiengesellschaften gegründet. Die Unternehmungslust wuchs mit dem Erfolge und es kam ein fieberhafter Zustand in die belgische Eisenindustrie. Geld schien im Überfluſs vorhanden. Die einzige Sorge bestand darin, ob man genug Eisenerze und Kohlen habe. 1836 waren bereits 15 grofse Kokshochöfen im Betriebe, deren Produktion sich auf 135 000 Tonnen Roheisen im Werte von 20 740 000 Frcs. belief. 1838 zählte man bei Charleroi, Lüttich und Namur 32 Hochöfen, meist mit grofsen Stabeisenwerken verbunden, die Maschinenkräfte von 2942 Pferden erforderten; 18 von diesen Hochöfen hatte Cockerill gebaut. Die Arbeitslöhne und die Eisenpreise stiegen von Jahr zu Jahr. Man verkaufte die Tonne Eisen mit 500 Frcs. Die Überproduktion und die Preistreiberei mufste zu einer Krisis führen. Dazu kamen ernste Kriegsbefürchtungen. Ende Dezember 1838 sah sich die Belgische Bank gezwungen, ihre Zahlungen einzustellen. Das Unglaubliche geschah, John Cockerills Kredit geriet ins Schwanken. Dieser hatte seine Unternehmungen ins Mafslose ausgedehnt. Nicht nur dafs er Millionen zur Vergröfserung von Seraing aufgewendet hatte, gründete er an zahllosen Plätzen in Belgien, Frankreich, Deutschland und Rufsland, in Spanien und selbst in Surinam, wo er grofse Plantagen erworben hatte, neue Fabriken. Als das verhängnisvolle Jahr 1839 kam, besafs er 60 verschiedene Etablissements, darunter eine ganze Reihe von Kohlenbergwerken, Eisenhütten und Maschinenfabriken, von letzteren aufser zu Seraing solche zu Lüttich, Val-Benôit, Verviers, Aachen, Decazeville, Bezèche, Petersburg und Surinam. Aber auch Tuch-, Glas-, Papier- und andere Fabriken gehörten Cockerill in verschiedenen Ländern. In Deutschland hatte er aufser der schon früher erwähnten Tuchfabrik zu Kottbus eine Maschinenfabrik in Aachen und die Zinkwerke zu Stollberg bei Aachen angelegt. Seine Unternehmen fingen an ihm über den Kopf zu wachsen und als die Bank von Belgien, deren Hauptbeteiligter er war, ihre Zahlungen einschränkte, drohte ihm der Sturz. Er sah sich gezwungen, ein Liquidationsverfahren einzuleiten, und seine Aktiven und Passiven bekannt zu machen. Der Status war günstig, denn 26 Millionen Aktiven standen nur 18 Millionen Passiven gegenüber. Trotzdem mufste er sich fast seines ganzen Besitzes entäufsern. Cockerill bevollmächtigte seinen Schwager Pastor in Aachen und

Digitized by Google

Piercot, seine sämtliche Habe, mit Ausnahme der Werke zu Seraing und Lüttich, zur Deckung seiner Schulden allmählich zu veräufsern. Dieser rasche, grofsartige Entschlufs bewahrte die belgische Industrie vor einer furchtbaren Katastrophe. Er selbst begab sich nach Rufsland, wohin ihn glänzende Anerbietungen riefen, um dort neue grofsartige Gründungen auszuführen, aber er erkrankte und starb erst 50 Jahre alt am 10. Juni 1840 zu Warschau. Seine Leiche wurde nach Belgien gebracht und zu Seraing beigesetzt. Er hinterliefs keine Nachkommen. Sein Name aber lebt fort und wird allezeit einer der ruhmvollsten in der Geschichte der Industrie bleiben. Für Belgien war er ein Wohlthäter, dem die Industrie des Landes ihren Aufschwung verdankt.

Seraing wurde 1842 als eine anonyme Gesellschaft (Soc. anon. John Cockerill) mit dem für jene Zeit enormen Kapital von 12 500 000 Frcs. gegründet. Die Hälfte der Anteile gehörten dem Staate. Cockerills Schwager Pastor (Pasteur) wurde Generaldirektor und leitete das Werk 37 Jahre (bis zum 30. Juni 1866) hindurch mit grofser Umsicht. Seraing vergröfserte sich immer mehr. Ende der 50er Jahre bestand die Eisenhütte aus der Hochofenanlage mit 6 Hochöfen, aus zwei grofsen Walzhütten und aus einer Maschinenfabrik, welche jede Woche eine fertige Lokomotive zu liefern imstande war. Was Seraing so sehr vor allen anderen grofsen Etablissements auszeichnete, war, dafs hier Erz und Kohle aus Schächten innerhalb der Umzäunung des Werkes aus der Erde gefördert, in Hochöfen geschmolzen, das geschmolzene Eisen in Puddelöfen gefrischt, in Walzwerken zu jeder Form verarbeitet wurde und die Werkstätten als vollendete Maschine verliefs. Der Plan der alten Walzhütte, welche 16 Puddelöfen, 8 gewöhnliche und 2 Schrottschweifsöfen, Wärmöfen u. s. w. umfafste, ist in dem Handbuche der Stabeisenfabrikation von Le Blanc und Walter (Tab. VII) abgebildet. Das Werk produzierte damals 11 bis 12 Millionen Kilogramm Eisen. Den gröfsten Ruhm hat aber das grofse Werk von John Cockerill zu Seraing auf dem Gebiete des Maschinenbaues, auf dem es seit seiner Gründung glänzende Leistungen aufzuweisen hat und eine leitende Stellung behauptete, erworben. Es war das erste Werk auf dem Kontinent, welches den Dampfmaschinenbau als gewerblichen Betrieb aufnahm (1818). In der Periode von 1823 bis 1830 lieferte es die ersten Hochofengebläsemaschinen und ein Dampfboot für den Rhein. 1835 lieferte es die erste Lokomotive und die ersten Eisenbahnschienen des Kontinents; 1848 die ersten belgischen Passagierdampfer für die Linie Ostende-Dover.

Digitized by Google

Zu den Hütten der Maasgruppe gehörten Espérance mit 4 Kokshochöfen und Ougrée, dessen Walzhütte 1836 von Lamarche erbaut wurde; sie hatte 15 Puddelöfen, 1 Feineisenwalzwerk, 1 Blechwalzwerk, 2 Schweifsöfen, 3 Glühöfen. Eigentümlich war, dafs alle Walzenstrafsen von einer einzigen Welle von über 100 Fufs Länge bewegt wurden. Die Hütte zu Sclessin hatte 6 Kokshochöfen und eine grofse Giefshalle. Die Hütte zu Grivegnée, der Familie Orban gehörig, hatte einen der gröfsten Hochöfen, welcher bei $62^1/_2$ engl. Fufs Höhe 18 Fufs Weite im Kohlensacke und 10 Fufs in der Gicht hatte.

Kokshochöfen gab es ferner in diesem Gebiete zu Vennes-les-Grivegnée, zu Dolhain bei Vervier, die 1847 von Th. Bonehill (Bonnhill) erbaut worden waren, und zu Aigneau-lez-Namîche. — Die Walzhütte von Renard in der Vorstadt Armercour zu Lüttich war in den Jahren 1837 bis 1840 errichtet worden.

Die zweite Gruppe der belgischen Hütten waren die an der Sambre. Sie umfafste 7 Eisenwerke; eins der gröfsten derselben war die mit 12 Millionen Franken gegründete Hütte zu Châtelineau mit 7 Hochöfen, ferner ebendaselbst das Eisenwerk von Dupont, Montignies sur Sambre, welches aus 3 grofsen Hochöfen und 1 Walzhütte bestand. Die grofsartigste Anlage war aber Couillet, welche mehrere Steinkohlengruben, 8 Hochöfen, 1 Walzhütte und 1 schöne Maschinenbauanstalt umfafste. Die Hochofenanlage dieses berühmten Hüttenwerkes war von Huart gebaut worden und wurde 1836 von Defontaine administriert. Das Walzwerk war von dem englischen Ingenieur Harold Smith erbaut. Ein anderes grofses Eisenwerk war das der Providence zu Marchienne-au-Pont, mit 2 grofsen Koksöfen und einer Walzhütte, sodann Monceau-sur-Sambre mit 4 Kokshochöfen und einer 1838 von dem Engländer Granville (Greneville) erbauten Walzhütte, und Hourpes-sur-Sambre mit 2 Kokshochöfen. Letztgenannte war eine der ältesten Kokshütten Belgiens. Sie war aus einer alten Holzkohlenhütte, die lange kalt gelegen hatte, entstanden. In den Jahren 1825 und 1826 hatte dort Bonehill zu Marchienne einen kleinen Kokshochofen nebst zwei Flamm- und mehreren Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens und eine Kanonenbohrwerkstätte erbaut, da die Gesellschaft, zu der auch König Wilhelm der Niederlande als Teilhaber gehörte, gufseiserne Geschütze fabrizieren wollte.

Die dritte Gruppe umfafste die Hochöfen zwischen Sambre und Maas und der Borinage. Zu ihr gehörten 1. das Eisenwerk zu Acoz mit 2 grofsen Kokshochöfen und 1 Walzwerk; 2. die Hütte von

Digitized by Google

Gougnies mit 1 Koks- und 2 Holzkohlenhochöfen; 3. der grofse Kokshochofen von Froidmont, dem Baron von Cartier d'Yve gehörig; 4. der demselben Besitzer gehörige Hochofen zu Fairoul; 5. die Hütte von Laneffe mit einem gröfseren und einem kleineren Kokshochofen und 6. die Hütte von Thy-le-Chateau mit 2 grofsen Kokshochöfen und 1 Walzwerk. Die letzterwähnten Hochöfen waren ebenfalls von dem um die belgische Eisenindustrie hochverdienten Bonehill erbaut worden.

Die belgischen Eisenwerke, sowohl die Hochofenanlagen als die Walzwerke, wurden die Muster und Vorbilder für einen grofsen Teil der französischen und der deutschen Industrie. Waren die deutschen Eisenhüttenleute in früheren Jahrzehnten nach Oberschlesien gereist, um das Neueste und Beste von Anlagen und Einrichtungen für den Steinkohlenbetrieb kennen zu lernen, so wurde seit Mitte der 30er Jahre Belgien die hohe Schule und blieb es mehrere Jahrzehnte hindurch. Die modernen Eisenwerke Westdeutschlands, besonders in Rheinland und Westfalen, wurden grofsenteils nach belgischem Muster gebaut und eingerichtet, vielfach sogar mit belgischen Arbeitern betrieben.

Man kopierte die Muster von Seraing und Couillet fast unverändert. Selbst die Materialien zum Bau der Hochöfen und Puddelöfen glaubte man von Belgien beziehen zu müssen. Die Puddingsteine von Marchin bei Huy lieferten das Material zu den Gestellen in Deutschland und Frankreich, sie gingen bis zum Mittelländischen Meere. Bis in die 60er Jahre hielt man an den Puddingsteingestellen fest und hielt sie für unübertrefflich. Die feuerfesten Ziegel für Hochöfen und Schweifsöfen bezog man lange Zeit hauptsächlich aus Andennes. Charakteristisch war es, dafs die meisten belgischen Hüttenwerke, namentlich die Walzwerke, ihre feuerfesten Steine auf den Hütten selbst anfertigten.

Während viele Verbesserungen von Belgien ausgingen, fanden andere dort nur schwer Eingang. Zu diesen gehörte besonders die Anwendung des heifsen Windes, gegen welchen sich in Belgien ein Vorurteil gebildet hatte, ähnlich wie in Südwales. Erst im Jahre 1836 machte man einen Versuch mit heifsem Wind beim Hochofenbetrieb zu Seraing. Da dieser nicht befriedigend ausfiel, so befestigte sich das Vorurteil, dafs der heifse Wind für die belgischen Kohlen nichts tauge.

Wie bereits erwähnt, hatte der Bau der Eisenbahnen den gröfsten Einfluſs auf die Entwickelung der belgischen Eisenindustrie ausgeübt. Zahlreiche grofse Walzwerke waren infolgedessen entstanden.

Digitized by Google

Folgende waren die bedeutendsten nach englischer Methode eingerichteten Walzhütten: A. In der Provinz Hennegau 1. Couillet, neben Seraing das berühmteste Walzwerk, namentlich für Eisenbahnschienen. Hier wurden auch die ersten Schienen mit körnigem Kopfe für die belgischen Staatsbahnen hergestellt. 2. Monceau-sur-Sambre, 3. Marchienne-au-Pont, 4. Acoz, 5. Montignies-sur-Sambre, 6. Mont-sur-Marchienne (Zône), 7. Fayt, 8. Loire-sur-Sambre, 9. Houdeng-Aimeries. B. In der Provinz Lüttich 1. Seraing, 2. Ougrée, 3. Grivegnée, 4. Lüttich, 5. Marchin, 6. Huy. C. In der Provinz Namur 1. Yve, 2. Couvin. Die gröfsten hatten ausschliefslich Dampfbetrieb. Die Walzhütte zu Monceau-sur-Sambre war 1838 von dem englischen Ingenieur Grenneville (Granville) für die englische Bank erbaut worden. Sie hatte eine Esse von 200 Fufs Höhe, in welche 20 Flammöfen mündeten. Die Walzhütte der Providence zu Marchienne-au-Pont war 1835 von Bonehill erbaut worden und zeichnete sich durch die Mannigfaltigkeit der Eisensorten, die hier erzeugt wurden, aus. Das Werk zu Champeau bei Montignies-sur-Sambre war 1841 ebenfalls von Bonehill ausgeführt worden, während derselbe bereits 1833 das Walzwerk Zône erbaut hatte, das mitten im gewerbreichsten Gebiete von Charleroi lag und ein Meisterstück der Konstruktion war. Von den Hütten des Herrn Dupont zu Fayt war die ältere 1824, die jüngere 1836 entstanden. Die Hütte von Couvin wurde 1830 durch Vereinigung von sechs verschiedenen Werken gebildet. Hier wurden namentlich Blech und Draht fabriziert. Das Walzwerk der dem Baron de Cartier gehörigen Hütte zu Yve war schon 1830 von Bonehill erbaut worden. Auf der Hütte zu Grivegnée an der Ourthe wurde namentlich Holzkohlenblech aus luxemburger Holzkohleneisen gewalzt.

Die Anlage des grofsartigen Walzwerkes zu Couillet[1]) geschah nach 1835, wie oben erwähnt, unter der Leitung des englischen Ingenieurs Harold Smith. Hier waren 1841 bereits Luppenquetschen und Kreissägen zum Abschneiden der Schienen im Betriebe. Aufser der oben schon angeführten Drahthütte zu Couvin gab es noch Drahtwerke zu Chamelen, Florenville und Verviers. Die Drahthütte zu Couvin galt damals als eine der schönsten in Europa. Zu Verviers zog man den Walzdraht von Couvin von 100 Fufs Länge und 3 bis 4 mm Durchmesser zu Kratzendraht aus.

Neben dem Steinkohlenbetriebe war der Holzkohlenbetrieb noch

[1]) Dasselbe ist abgebildet bei Walter und Le Blanc, a. a. O., Tab. I.

Digitized by Google

sehr bedeutend. Es gab noch zahlreiche Frischhütten, die nach der hochburgundischen Methode (meth. Comtoise) mit Holzkohle betrieben wurden. In den Jahren 1836 und 1837, in denen die belgischen Hüttenwerke 135000 Tonnen Eisen erzeugten, zählte man neben 23 Koksöfen noch 66 Holzkohlenhochöfen. Der Zusammenbruch der Belgischen Bank in Verbindung mit der Handelskrisis in England schädigten die belgische Eisenindustrie sehr, besonders auch dadurch, dafs durch den Preissturz in England englisches Eisen trotz des Tarifes das Land überschwemmte. 1840 fiel der Roheisenpreis von 15 auf $7^1/_2$ Frcs. pro 100 kg und vom Januar bis März wurden 4000 Tonnen schottisches Roheisen eingeführt. Im Jahre 1841 waren nur 20 Kokshochöfen und 50 Holzkohlenöfen in Belgien im Betrieb, welche 90000 Tonnen erzeugten. Nach Erhöhung des Eingangzolles von englischem Eisen auf 5,80 Frcs. pro 100 kg erholte sich die belgische Eisenindustrie rasch.

Die Holzkohlenhütten lagen hauptsächlich im Süden, in den Provinzen Namur und Luxemburg. Der Steinkohlenbetrieb konzentrierte sich um Lüttich und Charleroi. Die Eisenausfuhr, welche 1830 nur 2900 Tonnen betragen hatte, war 1836 schon auf 72000 Tonnen gestiegen. Die Ausfuhr war also gröfser als der Verbrauch im Lande. Auf den meisten Werken wurden die Erze ungeröstet und in groben Stücken aufgegeben, auch fing man in den 40er Jahren an, die Feinöfen abzuwerfen. Alle gröfseren Walzwerke walzten Eisenbahnschienen. 1842 waren 14 Schienenwalzwerke im Betrieb. Seraing hatte 14000 Tonnen, Couillet 12000 Tonnen, das Eisenwerk von Dorlodot zu Acoz 6000 Tonnen Schienen für die Staatsbahnen zu liefern. Die belgischen Hütten- und Walzwerke zeichneten sich durch zweckmäfsige Anlage so sehr aus, dafs sie als Vorbilder für die deutsche und französische Industrie galten. Der Eisenpreis, der 1838 noch 34 Frcs. pro 100 kg betragen hatte, war 1842 auf 23 Frcs. gesunken.

Die meisten Lokomotiven für die Staatsbahn wurden in Belgien selbst gebaut. Anfangs hatte man allerdings noch englische Maschinen beziehen müssen und hatte Stephenson davon 29 geliefert, 11 kamen von verschiedenen anderen Werken, dagegen wurden bis 1842 schon 82 Lokomotiven im Inlande gemacht, hiervon in Seraing allein 68, die anderen von der Soc. St. Leonard in Lüttich und der Soc. du Renard in Brüssel. Eine Lokomotive mit zwölfzölligem Cylinder kostete 35000 bis 36000 Frcs. und wog 12108 kg, davon waren 1618 kg Gufseisen, 7929 kg Schmiedeeisen, 2143 kg Kupfer und Messing und

Digitized by Google

418 kg Holz. Der Maschinenbau hatte in Belgien überhaupt einen grofsartigen Aufschwung genommen, am meisten zu Seraing, wo im Jahre 1849 allein für 18 Millionen Franken Maschinen fertiggestellt wurden.

Die Gewehrfabrik in Lüttich nahm an dem allgemeinen Aufschwunge der Industrie teil. 1836 wurden dort 350000 Läufe fabriziert, während die Produktion 1841 auf 150000 Stück sank. Die Preise der Lütticher Schufswaffen waren immer niedrig, um diese Zeit aber waren sie besonders gedrückt. Eine doppelläufige Jagdflinte erhielt man schon für 25 Frcs. Einen enormen Umfang hatte die belgische Nagelfabrikation gewonnen; 1850 wurden 8423859 kg Nägel von Belgien ausgeführt.

Die Stahlfabrikation Belgiens war dagegen nicht bedeutend. Die zwei hauptsächlichsten Stahlfabriken waren zu Couvin und zu Lüttich.

Die Krisis in Belgien, welche Ende 1838 begonnen hatte, dauerte bis 1843. Sie nahm ihr Ende durch den vorteilhaften Vertrag, den Belgien mit dem Deutschen Zollverein schlofs und der ihm dieses Absatzgebiet unter viel günstigeren Bedingungen als den Engländern öffnete.

Die Ereignisse vom Jahre 1848 erzeugten einen neuen Rückschlag, der Preis des Roheisens fiel von 114 Frcs. auf 85 Frcs. für die Tonne. Die Krisis ging indes rasch vorüber.

1838 betrug die mögliche Produktion

von	83	Holzkohlenhochöfen	à	700 Tonnen	58100 Tonnen
„	47	Kokshochöfen . .	à	3200 „	150400 „
					208500 Tonnen.

1844 belief sich die wirkliche Produktion auf nur 106878 Tonnen, stieg aber 1847 bereits auf 220000 Tonnen. 1845 waren 44 Kokshochöfen im Betrieb; 820000 Ctr. wurden exportiert.

Es gab 1844 130 Hammerwerke, 45 Walzwerke und 26 Schmiedewerke mit einer Produktionsfähigkeit von 186000 Tonnen, die aber in diesem Jahre nur 46913 Tonnen lieferten[1]).

---

[1]) Aufser den Angaben in dem Werke von Valerius findet man ausführliche statistische Mitteilungen in dem Werke von Flachat, Barrault und Petiet, Traité de la Fabrication de la Fonte et du Fer etc. 3me. Partie, Examen statistique et commercial, Paris 1846, und in dem vortrefflichen Aufsatz von Eck zu Königshütte über den Betrieb der Kokshochöfen in Belgien in Karsten und v. Dechens Archiv, Bd. XXIII, S. 661.

Digitized by Google

Die belgische Roheisenproduktion von 1843 bis 1847 betrug:

1843	98000	Tonnen
1844	106000	„
1845	140000	„
1846	186000	„
1847	220000	„

Die Abnahme der Holzkohlenhochöfen und die Zunahme der Kokshochöfen ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung. Es standen im Betriebe:

	Koks-hochöfen	Holzkohlen-hochöfen
1830	10	91
1836	23	66
1839	17	52
1843	20	33
1846	40	26
1847	46	25

Während die belgische Roheiseneinfuhr nach Deutschland 1842 und 1843 16 und 18 Proz. der Gesamteinfuhr betragen hatte, belief sie sich nach der Herabsetzung des Zolles 1845 auf 58 und 1850 auf 69 Proz. der Roheiseneinfuhr. 1850 betrug das Quantum 75857 Tonnen. 1846 betrug der Wert der Ausfuhr an Feuerwaffen für den Privatgebrauch 2484783 Frcs., für den Kriegsgebrauch 1335514 Frcs., 1849 für ersteren 3242802 Frcs., für letzteren 2253550 Frcs. Nach den Berichten der Banc d'épreuves in Lüttich wurden in Lüttich im Jahre 1849 405030 und 1850 432347 Läufe von Luxus-, Jagd-, Handels- und Militärgewehren der Probe unterworfen. Ancion & Komp. war das gröfste Waffengeschäft in Lüttich.

1844 schlofs die belgische Regierung einen Handelsvertrag mit dem deutschen Zollverein, der ein Meisterstück belgischer Handelspolitik war und der belgischen Eisenindustrie zu grofsem Segen gereichte, denn ein Hauptpunkt dieses Vertrages war die Einfuhrvergünstigung für belgisches Eisen, wodurch dieses erfolgreich mit dem billigeren englischen Eisen konkurrieren konnte. Der allgemeine Zollsatz des Zollvereins auf Eisen von 1 Mark für den Centner wurde für Belgien um 50 Proz. ermäfsigt und diese Vereinbarung für 6 Jahre festgesetzt.

Belgien suchte seine Industrie durch vollständige Gewerbefreiheit und durch gute Fachschulen zu fördern.

Die Gewerbeschule zu Gent hatte Fachkurse für Bau- und Ingenieurwesen und für Industrie im allgemeinen.

Die technische höhere Lehranstalt zu Lüttich war besonders für

Digitized by Google

Bergbau und für die Industrie im allgemeinen mit besonderer Berücksichtigung des Berg- und Hüttenwesens. Mit ihr wurde anfangs der 40er Jahre eine mechanische Lehrwerkstätte verbunden. In Mons wurde 1838 eine Bergschule gegründet. Eine niedere Gewerbeschule war zu Verviers, während zu Brüssel ein vorzügliches Institut für Handel und Industrie (École centrale de commerce et d'industrie) war.

Wie in Frankreich veranstaltete der Staat öfter Gewerbeausstellungen.

Deutschland 1831 bis 1850.

Deutschlands Eisenindustrie war zwar in der Periode von 1830 bis 1850 eifrig bemüht, durch technische Verbesserungen sich mit den vorwärtsstrebenden Nachbarländern auf gleicher Höhe zu erhalten, aber die politische Zerrissenheit machte grofse Unternehmungen unmöglich und lastete schwer auf den wirtschaftlichen Verhältnissen. Allerdings war endlich eine Zollvereinigung der wichtigsten aufserösterreichischen Staaten zu Stande gekommen. Aber wie lange hatte dies gedauert. Ein Jahrzehnt hatte der geniale Friedrich List, der 1819 zu Frankfurt einen Agitationsverein für diesen Zweck gegründet hatte, umsonst geschrieben und geredet, erst 1828 fingen einzelne Gruppen an sich zu vereinigen. Obgleich Preufsen der gröfste, wirtschaftlich bedeutendste und vorgeschrittenste Staat war, so herrschte doch und gerade deshalb unter den übrigen Bundesstaaten eine Abneigung, in die so notwendige Zollvereinigung mit demselben zu treten. Statt dessen bildete sich eine süddeutsche Zolleinigung zwischen Bayern und Württemberg, ein mitteldeutscher Handelsverein zwischen Hannover, Kurhessen, Sachsen und den Hansastädten, und nur Hessen-Darmstadt schlofs sich 1828 rückhaltslos an Preufsen an und schob sich als Keil zwischen die süddeutsche und mitteldeutsche Vereinigung. Die Folge war, dafs der mitteldeutsche Handelsverein in sich zerfiel und ein Staat nach dem andern sich dem preufsisch-hessendarmstädtischen Bündnis anschlofs. So trat dann endlich nach langen Verhandlungen am 22. März 1833 mit Wirkung vom 1. Januar 1834 der deutsche Zollverein zusammen. Er umfafste bei seiner Gründung nur 18 von den 40 deutschen Staaten, aber er bildete so sehr den natürlichen Schwerpunkt in dem deutschen Wirtschaftsgebiet, dafs die renitenten Staaten, einer nach dem anderen, den Anschlufs suchen mufsten. Von gröfseren Gebieten hielt sich nur Hannover noch lange dem Zollverein fern und schlofs mit Oldenburg, Braunschweig und Schaumburg-Lippe einen besonderen „Steuerverein".

Digitized by Google

Der Zollverein hatte den grofsen unmittelbaren Nutzen, der besonders auch der Industrie zu gute kam, dafs er die Zollgrenzen zwischen den verbündeten Einzelstaaten aufhob. Der 1. Januar 1834 war der denkwürdige Tag, an dem die Schlagbäume an den Grenzen der deutschen Zollvereinstaaten verschwanden. Dadurch wurde ein grofses wirtschaftliches Gebiet geschaffen, welches dem Absatz der deutschen Industrie freigegeben wurde.

Die handelspolitische Richtung des Zollvereins nach aufsen war wesentlich eine freihändlerische. Seine Tendenz war, alle Fesseln des Verkehrs nach Möglichkeit zu beseitigen. Wie segensreich er gewirkt hat, wie die wirtschaftliche Vereinigung im Zollverein die politische Vereinigung des Deutschen Reiches vorbereitet hat, ist zu bekannt, um näherer Ausführung zu bedürfen. Uns berührt hier nur die Stellung des Zollvereins zur Eisenindustrie. Für diese war die freihändlerische Richtung nicht von Vorteil. Dafs die deutsche Eisenindustrie, welche noch fast ganz auf den Holzkohlenbetrieb angewiesen war, nicht mit England und Belgien konkurrieren konnte, wird aus dem über diese Länder Mitgeteilten jedem klar sein. Durch die Zollsätze des Vereins wurde die deutsche Eisenindustrie der englischen Konkurrenz schutzlos preisgegeben. Roheisen wurde als ein Rohstoff behandelt und zollfrei eingelassen, während der Zoll auf Schmiedeeisen ein mäfsiger war, er betrug 3 Mark für den Centner (50 kg). In den Nachbarstaaten war diese Industrie weit mehr geschützt. Frankreichs Eisenindustrie gedieh durch einen aufserordentlichen Zollschutz. Man betrachtete es dort als eine grofse Konzession an den Freihandel, als man 1835/36 den Zoll für Roheisen auf 5,60 bis 5,40 Mark und den für Stabeisen auf 15 bis 30 Mark pro 100 kg herabsetzte. Belgiens Eisenindustrie gedieh aufser durch Schutzzölle dadurch, dafs der Staat mit der Eisenindustrie des Landes solidarisch verbunden war und ihr, indem er alles Eisen für seine Eisenbahnen und sonstigen Unternehmungen nur aus dem Inlande bezog, einen Absatz verschaffte, der die belgische Industrie zu grofsem Aufschwung brachte.

Die deutsche Eisenindustrie entbehrte des einen wie des anderen, sie wurde nicht durch Zölle geschützt, noch kauften die Zollvereinsstaaten ihren Eisenbedarf im Vereinsgebiete. Englisches und belgisches Eisen strömte in das Vaterland und die Eisenbahnen wurden fast ausschliefslich mit englischem und belgischem Material gebaut. Dafs unter diesen Umständen unsere vaterländische Eisenindustrie nicht den Aufschwung nehmen konnte, den sie gewifs genommen haben würde, wenn Deutschland schon damals so geeinigt gewesen wäre

Digitized by Google

wie heute, dafs es vielmehr hinter der Englands und der Nachbarländer Belgien und Frankreich zurückblieb, ist nicht zu verwundern. Dafs man eine grofse, unentbehrliche Industrie schutzlos der Übermacht des Auslandes preisgab, einem Princip zulieb, war echt deutsch. Alle praktischen Nationen schützten ihre Eisenindustrie vor der Konkurrenz des Auslandes, weil sie das unmittelbar Nützliche ergriffen und nicht einem theoretisch Nützlichen, wie es der Freihandel war, Opfer brachten. Englands Eisenindustrie war erst unter Prohibitivzöllen, dann unter hohen Schutzzöllen zur Entwickelung gelangt und England schaffte die Zölle erst ab und schrieb den Freihandel auf seine Fahne, als dies für ihn nützlich war, nachdem seine Eisenindustrie so erstarkt war, dafs sie keine Konkurrenz mehr zu fürchten hatte und nur möglichst unbeschränkten Absatz suchte. Anders verfuhr der Deutsche, der in diesem, wie in vielen anderen Fällen damals nur das abstrakt Gute erstrebte, und diesem zulieb seine alte vaterländische Industrie der Gefahr des Unterganges preisgab. Dafs es so weit nicht kam, verdanken wir der geistigen und technischen Thätigkeit der Eisenindustriellen in Deutschland, welche trotz langer, schwerer Kämpfe mutig vorwärts strebten, und überall durch Verbesserungen der Gefahr des Unterganges zu begegnen suchten. Wenn das übermächtige England mit Recht auf die Erfindung der Winderhitzung und des Dampfhammers in dieser Periode stolz sein darf, so gebührt Deutschland der Ruhm, die Benutzung der Hochofengase, den Heizgasbetrieb und das Stahlpuddeln erfunden zu haben.

Nur durch die oben angedeuteten Verhältnisse erklärt es sich, dafs sich der Steinkohlenbetrieb in Deutschland in dieser Periode so langsam entwickelte, während doch in Belgien und Frankreich die grofsartigsten Steinkohlenhütten entstanden. Gab es doch im Ruhrgebiet bis zum Jahre 1847 noch nicht einen Kokshochofen!

Das fremde Roheisen strömte zu so billigen Preisen ein, dafs es ganz aussichtslos schien, in Deutschland mit irgend welchem Nutzen einen Koksofenbetrieb zu begründen, wie es in Belgien und Frankreich der Fall war. Der mangelnde Zollschutz, die Freihandelspolitik des Zollvereins war schuld daran, dafs die Kokshochofenindustrie Westdeutschlands um 20 Jahre zurückblieb. Charakteristisch war es auch, dafs die Saarkohle schon lange weit nach Frankreich hinein verschickt wurde, um dort noch mit grofsem Nutzen der französischen Eisenindustrie zu dienen, während sich im Saargebiete selbst der Steinkohlenbetrieb nur langsam entfaltete. Hierzu kam noch ein anderer Umstand, Deutschland war arm an Kapital und die Regierungen thaten damals

Digitized by Google

nichts, die Bildung von Kapitalgesellschaften zu unterstützen, wie es in Frankreich und namentlich in Belgien geschah. Der Deutsche hielt jede industrielle Kapitalanlage für ein Lotteriespiel, für halb verloren von Anbeginn an, dagegen legte er sein Geld mit Behagen in die unsolidesten ausländischen Staats- und sonstigen Papiere an, die hohe Zinsen versprachen und im Frankfurter Kursblatt zu finden waren. Von diesem Übel sind wir ja heute noch nicht ganz frei. Trotzdem kamen in jener Zeit doch auch in Deutschland nach und nach gröfsere industrielle Gesellschaften mit bedeutenden Kapitalien zusammen, wozu die Eisenbahnen die Veranlassung gaben. Der Bau von Eisenbahnen erweckte in Deutschland ein grofses allgemeines Interesse, und der Eisenbahnbau entwickelte sich in Deutschland weit rascher als in dem reichen Frankreich. Die Regierungen der Bundesstaaten haben an dem guten Anfange, den das Eisenbahnwesen in Deutschland nahm, nur ein geringes Verdienst, denn im allgemeinen verhielten sie sich gegen die Idee von Staatsbahnen ablehnend. Nur Bayern machte hierin eine rühmliche Ausnahme und das Verdienst dafür darf wohl von Baader zugeschrieben werden, der schon lange vor dem grofsen Triumph Stephensons für Eisenbahnen nach englischem Muster mit Wort und Schrift in Bayern gewirkt, und dadurch die Geister darauf vorbereitet hatte. Es ist kein Zufall, dafs in Bayern die erste Eisenbahn, die Linie Nürnberg-Fürth, und abgesehen von der etwas älteren kleinen Strecke Braunschweig-Wolfenbüttel (1838), die erste Staatsbahn von München nach Augsburg (1840) gebaut wurde.

Wie Baader in Bayern, so haben noch andere treffliche weitblickende Männer schon früh für den Bau von Eisenbahnen gewirkt und das Interesse dafür in weitere Kreise getragen; es waren dies besonders die Brüder Friedrich und Gustav Harkort und Friedrich List. Ersterer, der bekannte „alte Harkort", hatte bereits am 30. März 1825 in der Zeitschrift „Hermann" einen Aufsatz über Eisenbahnen, und zwar über Lokomotivbahnen veröffentlicht, der mit den Worten schlofs: „Möge auch im Vaterlande bald die Zeit kommen, wo der Triumphwagen des Gewerbfleifses mit rauchenden Kolossen bespannt ist und dem Gemeinsinne den Weg bahnt!"

1827 hatte Harkort dem grofsen Minister Stein eine „Denkschrift über die Vorteile der Eisenbahnanlage" überreicht, und 1828 bildete sich auf seine Veranlassung die erste Eisenbahn-Actiengesellschaft Deutschlands, „um mittelst einer Eisenbahn den Absatz der Ruhrkohlen nach dem Wupperthale und ins Bergische zu vermitteln, beziehungsweise die bergische Fabrikgegend wohlfeiler mit Kohlen zu

Digitized by Google

versehen". Die etwa 7 km lange Bahn wurde als Pferdebahn gebaut und erhielt 1831 den Namen Prinz Wilhelmsbahn.

Gustav Harkort und Friedrich List waren es, welche die erste grofse Lokomotivbahn, die Bahn von Leipzig nach Dresden 1837, ins Leben gerufen haben.

Die preufsische Regierung that anfangs wenig, den Bau von Eisenbahnen zu fördern; sie verhielt sich sogar vielfach ablehnend, so namentlich gegen Friedrich Harkorts mit Eifer verfochtenes Projekt einer Bahn von Köln nach Minden [1]). Dagegen genehmigte sie die Linie Düsseldorf-Elberfeld, wovon die Teilstrecke Düsseldorf-Erkrath am 20. Dezember 1839 eröffnet wurde. Trotzdem besafs Deutschland Ende 1850 bereits 5860 km Eisenbahnen, während Frankreich nur 2996 km zählte.

Da der gröfsere Teil des für die deutschen Eisenbahnen verwendeten Eisens aus dem Auslande bezogen wurde, für welches Deckung durch eigene Ausfuhr nicht vorhanden war, so läfst sich ermessen, welche Summen damals von Deutschland in das Ausland flossen. Auf ein Kilometer Bahn rechnete man einschliefslich des Fahrmaterials 445 Tonnen Eisen. Es waren also zur Herstellung der deutschen Bahnen 2 607 700 Tonnen Eisen verbraucht worden, welche, zu nur 200 Mark für die Tonne gerechnet, einen Aufwand von 321 540 000 Mark erforderten. Dieser enorme Geldabfluſs bewirkte eine grofse Geldknappheit in Deutschland.

Dennoch trug der lebhafte Eisenbahnbau in Deutschland am meisten zur Förderung der heimischen Eisenindustrie bei, denn nicht nur wurde ein nicht unbedeutender Bruchteil des Eisenbedarfes der Eisenbahnen doch nach und nach im Inlande gedeckt, sondern die Eisenindustrie Deutschlands war auch auf das eifrigste bemüht, sich für den Bedarf der Bahnen leistungsfähig zu machen, um mit dem Auslande konkurrieren und die Lieferungen im eigenen Lande übernehmen zu können. Infolgedessen entstanden grofse Walzwerke, namentlich in Rheinland und Westfalen, welche zum Teil mit ausländischem, besonders belgischem Roheisen Eisenbahnschienen und sonstiges Eisenbahnmaterial fabrizierten.

Betrachten wir ganz kurz die verschiedenen Stadien der wirtschaftlichen Entwickelung in diesem Zeitabschnitte, so beginnt 1834 ein allgemeiner Aufschwung der deutschen Industrie infolge der Gründung des Zollvereins. Seit 1837 begann eine starke Zunahme des Eisenbedarfs infolge des Eisenbahnbaues. Dieser führte zugleich

---

[1]) Siehe L. Berger, Der alte Harkort, S. 244.

Digitized by Google

zu einer zunehmenden Eiseneinfuhr aus dem Auslande. Diese gestaltete sich seit 1839 durch die infolge der in England und Belgien ausgebrochenen Krisis gesunkenen Eisenpreise zu einer Überflutung des deutschen Marktes mit fremdem Eisen, welche das deutsche Eisengewerbe um so mehr bedrückte, als dasselbe durch keinen genügenden Eingangszoll geschützt war. England und Belgien erhielten dadurch auf dem deutschen Eisenmarkte ein grofses Übergewicht. Im Jahre 1844 bezog das Zollvereinsgebiet 2 Millionen Centner Eisen, meistens Schienen aus dem Auslande. Der britische Schatzkanzler äufserte damals im Unterhause, „unser Handel nach Deutschland entspricht zwei Arbeitstagen unserer Wochenindustrie". Dieser Zustand dauerte an bis zum 1. September 1844, an welchem Termine endlich der deutsche Zollverein, nachdem er sich davon überzeugt hatte, dafs die deutsche Eisenindustrie ohne allen Schutz dem Auslande gegenüber zu Grunde gehen mufste, einen mäfsigen Eingangszoll von 10 Silbergroschen auf den Zollcentner, oder 2 Mark auf die 100 kg Roheisen einführte, während der Zoll für Stabeisen und Schienen auf $4^1/_2$ Mark erhöht wurde.

Wie sehr die Einfuhr von fremdem Eisen in dieser Zeit aber zugenommen hatte, beweisen folgende Zahlen:

	Einfuhr von Roheisen	von Stabeisen und Stahl
1836 . . .	4 798,8 Tonnen	8 715,2 Tonnen
1837 . . .	7 691,0 „	8 385,0 „
1838 . . .	13 852,9 „	18 860,9 „
1839 . . .	15 072,6 „	17 014,4 „
1840 . . .	36 765,7 „	21 853,7 „
1841 . . .	49 318,7 „	27 704,7 „
1842 . . .	59 796,3 „	46 679,9 „
1843 . . .	132 927,8 „	49 046,1 „

Für verarbeitetes Eisen hatte schon der Tarif von 1837/39 Zollsätze festgesetzt gehabt, und zwar 1 Gulden 40 Kreuzer für den Centner, oder 5,70 Mk. für 100 kg Stabeisen, Schienen und Stahl, 5 Gulden 30 Kreuzer für den Centner, oder 18,86 Mk. für 100 kg Band- und Schmiedeeisen, und 10 Gulden $12^1/_2$ Kreuzer für den Centner, oder 35 Mk. für 100 kg nicht ganz grober Gufswaren. Diesen Zoll verstanden die englischen und belgischen Importeure aber dadurch teilweise zu umgehen, dafs sie geschmiedetes Eisen in Form grober Blöcke einführten und als Roheisen deklarierten, was auch Jahre lang durchging.

Die Roheisenproducenten hatten sich in einer sehr ungünstigen

Digitized by Google

Lage befunden. Durch die Einführung des Zolles von 1 Mark auf den Centner am 1. September 1844 besserte sich dieselbe, und zwar um so mehr, als um dieselbe Zeit die Preise des englischen und belgischen Eisens in die Höhe gingen. Wie wenig aber selbst die preufsische Regierung darauf bedacht war, die Eisenindustrie ihres Landes gegenüber dem Auslande zu schützen, geht daraus hervor, dafs sie auf dem eigenen königlichen Werke in Gleiwitz mitten in Oberschlesien, welches gegründet worden war, um den englischen Hochofenbetrieb in Deutschland einzuführen, schottisches Roheisen statt schlesischem verschmolz und dessen Vorzüge laut verkündete, was eine ganz bedeutende Einfuhr von schottischem Roheisen in den Hauptsitz der preufsischen Eisenerzeugung zur Folge hatte. Zu der Überflutung des deutschen Marktes mit englischem und besonders schottischem Roheisen trugen auch, wie erwähnt, die Geschäftslage des britischen Eisenmarktes und die aufserordentlich niedrigen Preise bei. Der Bau der Eisenbahnen in England hatte eine grofsartige Steigerung der Eisenproduktion zur Folge, welche Ende der 30er Jahre infolge von Überproduktion zu einer Krisis und zu einem raschen Preissturz führte. 1839 kosteten 100 kg schottisches Roheisen noch 8,94 Mark, 1840 7,46, 1841 5,98, 1842 4,98 und 1843 sogar nur 3,98 Mark. Mit solchen Preisen konnten die deutschen Hochöfen unmöglich konkurrieren, betrugen doch die Selbstkosten in Schlesien Ende der 40er Jahre für Holzkohlenroheisen 10 Mark, für Koksroheisen 7,80 Mark. In den meisten anderen Gebieten waren sie noch höher.

Die Wohlthat des neuen Zolltarifes wurde aber für die deutschen Hochofenwerke dadurch bedeutend eingeschränkt, dafs mit Belgien im Jahre 1844 ein Separatvertrag geschlossen wurde, wodurch diesem ein Nachlafs von 50 Proz. auf den Roheisenzoll zunächst auf sechs Jahre bewilligt wurde. Eine weitere Schädigung erfuhr besonders die deutsche Holzkohlenroheisen-Produktion dadurch, dafs das Feineisen (refined metal), welches als Ersatz für das Holzkohlenroheisen diente, keinen höheren Zollsatz als das Roheisen zu zahlen hatte. Um diese drückenden Bestimmungen, wie überhaupt über den Tarif, und die principielle Frage: Schutzzoll oder Freihandel im Eisengewerbe, entbrannte ein lebhafter Kampf, der während der ganzen 40er Jahre hindurch andauerte und noch in den 50er Jahren fortgesetzt wurde.

Der mäfsige Schutzzoll hatte aber schon die Wirkung, dafs von 1845 an ein lebhafter Aufschwung sich in der deutschen Eisenindustrie bemerkbar machte, welche aber leider durch die politischen Ereignisse der Jahre 1848 und 1849 jäh unterbrochen wurde.

Digitized by Google

Nachstehende Tabelle giebt eine Übersicht der Eisenproduktion, sowie der Eisenein- und -ausfuhr und des Verbrauches im Gebiete des Zollvereins für die Zeit von 1834 bis 1850. Es ist dabei die Ein- und Ausfuhr von Schweifseisen und Stahl in Roheisen umgerechnet und der Roheisenein- und -ausfuhr zugerechnet.

Jahr	Hochofen-produktion Tonnen	Einfuhr Tonnen	Ausfuhr Tonnen	Verbrauch Tonnen	Verbrauch auf d. Kopf d. Bevölkerung kg
1834	110 105	24 697	13 763	121 039	5,3
1835	115 461	27 750	14 967	128 235	—
1836	149 061	21 746	17 354	153 453	—
1837	155 600	24 183	18 462	161 321	6,2
1838	152 603	47 597	16 366	183 834	—
1839	167 357	46 344	18 813	194 888	—
1840	172 983	76 294	19 717	229 560	8,85
1841	170 658	95 861	20 884	395 635	—
1842	170 495	133 257	18 234	285 518	—
1843	174 188	212 483	17 604	369 067	—
1844	171 145	186 560	17 826	339 879	11,85
1845	184 813	102 904	18 893	268 824	—
1846	198 861	165 339	28 159	336 041	—
1847	229 161	204 643	19 909	414 094	14,00
1848	213 238	110 290	14 678	323 850	—
1849	197 698	58 689	16 582	239 805	—
1850	211 639	134 658	21 466	324 831	—

Im Jahre 1843 erreichte die Einfuhr ihren höchsten Stand, übertraf die eigene Produktion um 38 295 Tonnen oder 22 Proz. und betrug 57,6 Proz. des Verbrauches. Der gröfste Teil der Einfuhr kam damals aus Grofsbritannien. Dagegen stieg die Eiseneinfuhr aus Belgien nach Herabsetzung des Roheisenzolles 1845 auf 58 Proz., und 1850 auf 75 857 Tonnen = 69 Proz. der gesamten Einfuhr.

Das Wachstum der Eisenbahnen, und die durch diese veranlafste Zunahme des Eisenverbrauches auf den Kopf der Bevölkerung im Zollvereinsgebiete von 1836 bis 1850 zeigt folgende Zusammenstellung:

Jahre	Zunahme d. Bahnlänge Kilometer	Eisenverbrauch dafür kg pro Kopf
1836 bis 1838 . . .	45	0,075
1839 „ 1841 . . .	630	1,080
1842 „ 1844 . . .	907	1,915
1845 „ 1847 . . .	2018	4,365
1848 „ 1850 . . .	1365	3,620
	4965	

Digitized by Google

Die technischen Fortschritte, welche in Deutschland in dieser Zeit gemacht wurden, sind im allgemeinen Teil schon berührt worden, soweit sie auf die Entwickelung der Eisenindustrie in den einzelnen Staaten von Einfluſs gewesen sind, werden sie noch bei der Geschichte der einzelnen deutschen Staaten erwähnt werden. Trotz des Zollvereins kann man Deutschland in dieser Periode noch nicht als eine wirtschaftliche Einheit betrachten. Es ist deshalb notwendig, die Fortschritte der einzelnen deutschen Länder ins Auge zu fassen.

Preufsen 1831 bis 1850.

Preufsen war der gröfste Staat des Zollvereins und seine Eisenindustrie war die bedeutendste und die vorteilhafteste. Am meisten war dieselbe im Osten in Oberschlesien, im Westen in Rheinland und Westfalen entwickelt. Preufsen besafs auch allein in dieser Zeit eine genaue Bergwerksstatistik. Es war in fünf Haupt-Bergwerksdistrikte geteilt, den brandenburg-preufsischen, den schlesischen, den sächsisch-thüringischen, den westfälischen und den rheinischen [1]).

In dem Brandenburg-Preufsischen Distrikt war die Roheisenerzeugung unbedeutend und im Rückgange. In einigen kleinen Hochöfen wurden Raseneisensteine (Wiesenerze) für Gufswaren verschmolzen, so zu Wondolleck bei Johannisberg in Preufsen, zu Torgelow in Vorpommern, zu Vietz in der Neumark, zu Mückenberg und Peitz in der Nieder-Lausitz. Die Stabeisenerzeugung wurde hauptsächlich bei Danzig betrieben, wo altes und auch etwas schwedisches Eisen in Herden mit Holzkohlen verarbeitet wurde. Dieselbe Industrie hatte sich von da nach Königsberg und nach Köslin in Hinterpommern verbreitet. Das Roheisen dieses Distriktes wurde fast ausschliefslich zu Gufswaren verwendet. Besondere Bedeutung erlangten die Kupolofengiefsereien in Berlin. 1820 war die erste Privatgiefserei von F. A. Egells, Chausseestrasse 2, entstanden; 1838 wurde die Eisengiefserei von J. C. Freund & Comp. im Thiergartenfelde in sehr bescheidenem Umfange errichtet, schwang sich aber in den 50er Jahren zur ersten Giefserei Berlins empor; 1844 trat die Eisengiefserei und Maschinenfabrik von F. Wöhlert ins Leben.

---

[1]) Siehe Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde I, 147; von Carnall, Die Bergwerke in Preufsen und deren Besteuerung 1850. Über die Fortschritte der Eisenproduktion im preufsischen Staate in dem 10jährigen Zeitraume von 1837 bis 1846: Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 22, S. 713. L. Wachler, Die Eisenerzeugnng Oberschlesiens, 5 Bde. mit 11 Tafeln, 1847—1851.

Digitized by Google

Eine der merkwürdigsten Schöpfungen dieser Periode war die Gründung des grofsartigen Eisenwerkes zu Moabit bei Berlin, mitten im märkischen Sande und weit entfernt von den Ursprungsorten der wichtigsten Rohstoffe, Steinkohlen und Eisen, durch August Borsig. Dieser hochverdiente Mann begann seine Laufbahn als Zimmergeselle 1821 in Breslau. Auf Empfehlung der dortigen Regierung wurde er 1823 als Schüler in das von Beuth gegründete Gewerbeinstitut aufgenommen. Da er aber nur für Mechanik Interesse an den Tag legte und die übrigen Fächer vernachlässigte, so erhielt er von dem gestrengen Direktor vor Ablauf der Studienzeit seine Entlassung, worauf er 1825 in die Maschinenbauanstalt von Egells eintrat und Schlosserei und Giefserei erlernte. Durch Fleifs und Tüchtigkeit brachte er es erst zum Monteur, später zum Werkführer und zuletzt zum Direktor der Egellsschen Fabrik. Als die Eisenbahnen dem Maschinenbau eine neue glänzende Zukunft eröffneten, gründete er mit seinem inzwischen ersparten kleinen Vermögen eine eigene Maschinenbauanstalt. Seine vortrefflichen Dampfmaschinen erwarben ihm rasch Anerkennung. Die erste Lokomotive baute er für die Anhaltische Bahn. Von da an wuchs seine Fabrik und sein Ansehen rasch. 1847 hatte er bereits 186 Lokomotiven gebaut und beschäftigte 1200 Arbeiter. In diesem Jahre begann er den Bau eines grofsen Puddel- und Walzwerkes an der Spree in Moabit. 1850 kam das vortrefflich eingerichtete Werk, das hauptsächlich auf die Verarbeitung von schlesischem Roheisen begründet war, in Betrieb, und lieferte alle Arten von Schmiede- und Walzeisen.

Die Eisenspalterei zu Neustadt-Eberswalde lieferte hauptsächlich gewalztes Schwarzblech. Hier machte Bischof 1843 seine Versuche mit einem Torfgas-Puddelofen. Nach Karsten betrug die Produktion des brandenburg-preufsischen Distrikts 1838 1303 Tonnen Gufswaren erster und 2250 Tonnen zweiter Schmelzung, 3332 Tonnen Stabeisen und 72 Tonnen Rohstahl. Von 1838 bis 1846 stieg die Stabeisenproduktion durch Verarbeitung fremden, besonders englischen Roheisens auf 5850 Tonnen.

Der schlesische Bergdistrikt zerfiel in Niederschlesien und Oberschlesien. In Niederschlesien waren die Verhältnisse ähnlich wie in Brandenburg, ein lebhafter Hochofenbetrieb, meist mit Wiesenerzen, fand im Regierungsbezirke Liegnitz statt. Die Produktion betrug 1836 2150 bis 2200 Tonnen Roheisen, 1600 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung und 2000 Tonnen Stabeisen.

In Oberschlesien gab es damals 80 Hochöfen, von denen nur

Digitized by Google

11 mit Koks betrieben wurden. 1838 zählte man nur 4 Kokshochöfen auf den zahlreichen Privathüttenwerken, mit einer Produktion von 2652 Tonnen, die Staatshütten Gleiwitz und Königshütte lieferten 6456 Tonnen, und da die ganze schlesische Produktion in diesem Jahre 32 426 Tonnen betrug, so waren 28 Proz. mit Koks erzeugt worden. 1847 hatte man in Schlesien 18 Kokshochöfen, welche 19 508 Tonnen Roheisen, 33 Proz. der Gesamtproduktion erzeugten. In den Kokshochöfen wurden hauptsächlich die sogenannten Brauneerze der Tarnowitz-Beuthener Ablagerung, die nur 20 bis 30 Proz. Eisen enthielten, verschmolzen. Diese Erze hatten aufser ihrer Armut noch den Fehler, dafs sie aus einer lockeren, zerreiblichen Masse bestanden, welche sich im Ofen dicht zusammenlegte und den Durchgang des Windes erschwerte, weshalb man die Hochöfen nicht sehr hoch und weit machen konnte. Auf der Königshütte hatte man zwischen 1835 und 1839 vergeblich versucht, den Betrieb mit roher Steinkohle beim Hochofen einzuführen. Die Koks stellte man gröfstenteils aus mageren Stückkohlen in Meilern dar, und man verbrauchte von diesen auf der Königshütte 280 Teile auf 100 Teile Roheisen. Die Produktion eines Hochofens von 43 Fufs Höhe betrug 600 Ctr. die Woche. Der Weddingofen hatte, als er 1846 ausgeblasen wurde, eine fast sechsjährige Hüttenreise hinter sich. Die Anwendung des erhitzten Windes machte bei dem Hochofenbetrieb in Oberschlesien nur langsame Fortschritte. Der Ausdehnung des Holzkohlenofenbetriebes stand das eigentümliche bergrechtliche Verhältnis des Eisensteins im Wege. Der Grundherr war der Eigentümer der Eisenerze und verhüttete jährlich nur soviel, als bei dem Holzvorrat, den er auf andere Weise nicht verwerten konnte, möglich war. Die Fortschritte auf den Holzkohlenhütten waren deshalb auch sehr gering, man blies noch vielfach mit einer Form, mit Kasten- oder gar Balggebläsen und ohne Winderhitzung. Fortschritte fanden hauptsächlich im Steinkohlenbetriebe statt, aber auch hierbei erst etwa seit 1840.

1838 wurde ein neues grofsartiges Eisenhüttenwerk, die Laurahütte, nach Weddings Plänen in der Nähe der Königshütte angelegt. Gründer waren die Gebrüder Oppenfeld in Berlin in Gemeinschaft mit dem Grafen Hugo Henkel von Donnersmark auf Siemianowitz. Sie hatte vier Kokshochöfen und ein grofses Puddel- und Walzwerk, eine Dampfkraft von 445 Pferden, beschäftigte 700 Arbeiter und erzeugte 100 000 Ctr. Stabeisen. An dieses Werk reihte sich das dem Fürsten Hohenlohe gehörige Werk Jakobswalde an mit zwei Kokshochöfen, einem Holzkohlenhochofen und einem Puddelwerk, Schneid-

Digitized by Google

und Blechwalzwerk. Es zeichnete sich durch gutes Eisen aus. 1831 war die Baildonhütte, 1837/39 die Eintrachthütte in Betrieb gekommen. Im unmittelbaren Anschluſs an die Königshütte entstand 1838 das groſsartige Puddel- und Walzwerk Alvenslebener Hütte, eine der schönsten Anlagen des Festlandes, welche sich namentlich auch mit der Fabrikation von Eisenbahnschienen beschäftigte; sie lieferte 1846 30 000 Ctr. Schienen und besaſs 10 Puddel- und 5 Schweiſsöfen. Die Winklerschen Hüttenwerke umfaſsten 1850: Kattowitz mit 1 Hochofen und 2 Frischfeuern, Dietrichshütte bei Myslowitz mit 1 Holzkohlenhochofen, Sophienhütte mit 1 Puddel- und Walzwerk und 4 Hochöfen, zwischen Gleiwitz und Sorau, wovon 2 Kokshochöfen waren.

Im Jahre 1847 zählte man in Oberschlesien 18 Kokshochöfen, welche 13 050 Tonnen Roheisen produzierten, neben 45 Holzkohlenöfen mit 24 500 Tonnen Erzeugung. Erst nach dem Jahre 1848 trat eine rasche Vermehrung der Kokshochöfen ein. Wenn die schlesische Steinkohlen-Eisenindustrie in dieser Periode nicht die Entwickelung genommen hat, die sie in Anbetracht der natürlichen Hülfsmittel und des Eisenbedarfes hätte nehmen müssen, so waren daran teils die oben angeführten allgemeinen wirtschaftlichen Gründe, teils der Mangel guter Verkehrswege schuld.

Bemerkenswerte Verdienste um technische Verbesserungen hat sich Hütteninspektor Eck zu Königshütte erworben, besondes durch die Einführung seines Gasflammofens zum Raffinieren des Roheisens auf der Königshütte, und durch den Umbau des Hochofens zu Gleiwitz nach dem Muster der belgischen Öfen, über welche er eine vortreffliche Arbeit veröffentlicht hat[1]). Der erste nach belgischem Muster erbaute Kokshochofen in Schlesien war aber der 1847 und 1848 auf der gräflich Donnersmarkschen Antonienhütte erbaute Hochofen Nr. II.[2]) Die Hochofenproduktion des ganzen schlesischen Bergdistriktes ergiebt sich aus der weiter unten mitgeteilten Zusammenstellung.

1841 begannen die Notstandsjahre, die bis Ende 1844 dauerten. Nach Einführung des Schutzzolles hob sich die Roheisenproduktion bedeutend. Dasselbe drückte sich in den Preisen aus, die für den Centner Koksroheisen von 6,50 Mk. pr. Ctr. im Jahre 1840 auf 4 Mk.

---

[1]) Siehe Karsten und v. Dechens Archiv, Bd. 23, S. 673: Über den Betrieb der Kokshochöfen in Belgien, mit besonderer Beziehung auf die Königshütte in Oberschlesien.

[2]) Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate, II, 282.

Digitized by Google

im Jahre 1843 fielen, um erst 1846 auf 6,50 Mk. wieder zu steigen. Oberschlesien, d. h. der Regierungsbezirk Oppeln, zählte um 1850: 19 Kokshochöfen, 62 Holzkohlenhochöfen, 235 Frischfeuer, 9 Zainhämmer, 9 Puddlingswerke, 20 Blechwalzwerke, 17 Stabeisen- und 18 Feineisenwalzwerke. Die Hochofenproduktion betrug 68 860 Tonnen, die Stabeisenproduktion 38 317 Tonnen, von Feineisen und Zeugeisen wurden 6023,5 Tonnen, an Blech 2840 Tonnen dargestellt [1]).

Zu dem sächsisch-thüringischen Kreise gehörten die preufsischen Harzhütten, die gräflich Stollberg-Wernigerodischen Hütten Ilsenburg und Schierke, und die thüringischen Hütten bei Suhl, wo Braun- und Spaterze in Blauöfen, zuweilen sogar noch in den 30er Jahren in Stücköfen geschmolzen worden waren. Karsten giebt die Produktion vom Jahre 1839 auf 1250 Tonnen Roheisen, 300 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung, 2850 Tonnen Stabeisen und 265 Tonnen Rohstahl an. 1841 wurden 2050 Tonnen Roheisen, 1775 Tonnen Gufswaren aus Erzen, 2132 Tonnen Stabeisen, 530 Tonnen Blech, 83,5 Tonnen Draht und 228,2 Tonnen Stahl erzeugt. Die Ilsenburger Hütte zeichnete sich durch ihre schönen Gufswaren aus. 1847 wurden auf 7 Werken mit 5 Hochöfen und 11 Blauöfen 4161 Tonnen Eisen erblasen, die Stabeisen-, Blech- und Drahtfabrikation hatte abgenommen, die Stahlfabrikation war auf 291,3 Tonnen gestiegen.

In dem westfälischen Bergamtsdistrikte beruhte die Eisenindustrie ebenfalls noch gröfstenteils auf dem Holzkohlenbetrieb, obgleich das Steinkohlenbecken der Ruhr in diesem Bezirke lag. Es war der Einfluſs der billigen Roheiseneinfuhr aus Belgien und England, welcher die Anlage von Kokshochöfen nicht aufkommen liefs und auch auf den Betrieb der Holzkohlenhochöfen eine ganz unnatürliche Wirkung ausübte. Es zwang diese, fast ausschliefslich Gufswaren zu produzieren.

Folgende Tabelle zeigt das Verhältnis der Roheisen- zur Gufswarenproduktion bei den Hochöfen Westfalens:

Jahr	Gufswaren Tonnen	Roheisen Tonnen	Zusammen Tonnen
1837	4902	358	5260
1838	5833	511	6344
1839	6058	608	6666
1840	6689	216	6905
1841	7359	651	8010

[1]) Die Statistik der Eisenindustrie Oberschlesiens ist sehr gründlich bearbeitet in dem oben angeführten Werke von Wachler.

Digitized by Google

Jahr	Gufswaren Tonnen	Roheisen Tonnen	Zusammen Tonnen
1842	5849	838	6687
1843	4190	1291	5481
1844	7532	1345	8877
1845	7601	1871	9472
1846	7807	2018	9825
1847	7013	2163	9176
1848	5664	3668	9332
1849	4230	3211	7441

Es war also damals für die Hochöfen kaum lohnend, für die dicht dabeiliegenden Frischwerke Roheisen zu erzeugen; vielmehr wurde noch ein ganz beträchtliches Quantum fremdländischen Roheisens zu Gufswaren verschmolzen.

Die ausgedehnte Stabeisenfabrikation des westfälischen Bergwerksbezirkes basierte fast ganz auf importirtem Eisen. Dieses wurde auf zahlreichen Holzkohlenfrischhütten verarbeitet, daneben entstanden aber auch gröfsere Werke mit Steinkohlenbetrieb. Dieser erwies sich im Ruhrgebiete, dank dem Schutzzoll auf Stabeisen, vorteilhaft. 1837 zählte man im Regierungsbezirke Arnsberg bereits 29 Puddel- und Schweifsöfen. Die auf belgisches Roheisen begründete Stabeisenfabrikation wurde 1844 in 134 Hütten betrieben, von denen 126 allein im Regierungsbezirke Arnsberg (Sauerland und Mark) lagen. Die erzeugte Stabeisenmenge betrug 15411 Tonnen, was eine Roheisenmenge von 20500 Tonnen voraussetzt gegenüber einer eigenen Produktion von 1345 Tonnen Roheisen. Diesen Werken gereichte der belgische Zollvertrag zum Nutzen, da er ihnen das Rohmaterial 50 Pfennige pro Centner billiger verschaffte und sie dadurch gegen das englische Walzeisen konkurrenzfähiger machte. Zugleich kam der steigende Preis des englischen Stabeisens von 1845 bis 1847 den westfälischen Werken zu gute.

Im Regierungsbezirke Arnsberg waren ferner 74 Eisenzeugschmiede und 20 Amboisfabriken thätig. An Blechen wurden 2433 Tonnen auf 14 Hütten dargestellt. Die Weifsblechfabrikation betrug 757 Tonnen. Sehr bedeutend war die Eisendrahtfabrikation im Kreise Arnsberg zu Altena, Iserlohn und Lethmate. 1843 wurden auf 70 Werken 5748 Tonnen, 1844 6200 Tonnen, darunter 10 Tonnen Stahldraht erzeugt. Die Stahlerzeugung in diesem Regierungsbezirke betrug auf 41 Werken 1925 Tonnen. Ferner waren 14 Werkhämmer und 84 Raffinierhämmer in Thätigkeit. Folgende Zusammenstellung der Produktion

Digitized by Google

vom Jahre 1844 giebt einen Überblick über die Eisenerzeugnisse des westfälischen Bezirkes:

Roheisen in Gängen und Masseln	1345	Tonnen
Gufswaren aus Erzen	7532	„
„ „ Roheisen	2710	„
Stabeisen	15411	„
Blech	3550	„
Draht	6200	„
Rohstahl	1925	„
Gufsstahl	75	„

Die bedeutendste Gründung dieser Periode war die Anlage der Hermannshütte bei Hörde im Kreise Dortmund, ein grofsartiges Puddel- und Walzwerk, hauptsächlich für Eisenbahnbedarf. Es wurde von dem unternehmenden Industriellen Piepenstock aus Iserlohn gleichzeitig mit dem Blechwalzwerk Neuöge bei Limburg im Jahre 1839/1840 angelegt. Den Bau der Hermannshütte leitete der im Rheinlande bekannte englische Ingenieur Dobbs. 1839 wurde der erste Puddelofen erbaut. 1849 hatte die Hermannshütte bereits 12 Dampfmaschinen von 500 Pfdekr., 2 Dampfhämmer, 42 Puddelöfen, 21 Schweifsöfen, 6 Platten- und Glühöfen und 32 Schmiedefeuer. Der Luppenhammer war 120 Ctr. schwer; ferner waren vorhanden 1 Luppenmühle, 3 Luppenquetschen, 3 Luppenwalzenpressen und 5 Paar Luppenwalzen, 4 Eisenbahnschienen- und Gärbeisenwalzen, 1 Schmiedeeisenwerk, 1 Feineisenwalzenpresse und 1 Drahteisenwalzenpresse. Das Werk besafs 343 Walzen für die Herstellung verschiedener Eisengattungen und 7 grofse Maschinenscheren. Damit verbunden war eine grofse Werkstätte zum Montieren der Eisenbahnräder und Achsen und eine ausgedehnte Maschinenwerkstätte. Täglich konnten 500 Eisenbahnschienen und 12 Satz Eisenbahnräder mit Achsen geliefert werden. Die ersten grofsen Schienenlieferungen waren für die Prinz Wilhelmsbahn 1848 und die Königl. Ostbahn 1849. Die Zahl der Arbeiter betrug 800 und hatte die Hütte 158 Arbeiterwohnungen mit 225 Gartenparzellen für dieselben hergerichtet. Aus dem Mitgeteilten ersieht man, dafs bei diesem grofsen Werke alle neuen Erfindungen und Verbesserungen benutzt waren.

Ein anderes sehr ausgedehntes Eisenwerk war die früher schon öfter genannte Gutehoffnungshütte bei Sterkrade und Oberhausen, den Herren Jacobi, Haniel und Huyssen gehörig. Der ausgedehnte Hochofenbetrieb wurde damals noch ausschliefslich mit Holzkohlen

Digitized by Google

bewerkstelligt und erzeugte 1844 40000 Ctr. Gufswaren und 9000 Ctr. Masseleisen bei einem Arbeiterstande von 500 bis 600 Mann. An die 3 Hochöfen schlofs sich noch eine grofse Giefserei mit 5 Kupol- und 2 Flammöfen an. 1835 wurde hierzu ein Puddel- und Walzwerk gebaut und am 6. März 1836 wurde der erste Puddelofen in Betrieb gesetzt. 1843 walzte man hier auch Eisenbahnschienen, und zwar zuerst badische Hohlschienen (1843), dann Schienen für die Köln-Mindener Bahn (1844). Der ausgezeichnete Leiter dieser Werke war der verdienstvolle W. Lueg 1847 wurden 26553 Ctr. Bleche und 195276 Ctr. Schienen und Stabeisen hergestellt. Da das Ruhrgebiet an reichhaltigen Erzen arm war, so hatte man angefangen, den eisenreichen Roteisenstein aus Nassau, welcher auf der Eisenbahn nach dem Rhein und von da zur Ruhr gebracht wurde, zu verwenden. Mit der Giefserei zu Sterkrade waren grofse Werkstätten und eine Maschinenbauanstalt für den Bahnbedarf verbunden, eine grofse Kesselschmiede befand sich bei Ruhrort.

Das Walzwerk zu Nachrod, welches 160 Arbeiter beschäftigte, walzte ebenfalls Eisenbahnschienen. Dieses, wie das 1834/35 errichtete Walzwerk zu Warstein, waren von dem englischen Ingenieur Godwin, den Harkort nach Westfalen gebracht hatte, erbaut.

Obgleich das Ruhrgebiet reich mit Steinkohlen gesegnet war, und obgleich diese Steinkohlen sich vorzüglich zur Koksfabrikation eigneten, hat es doch sehr lange gedauert bis der Koksbetrieb bei den Hochöfen Westfalens zur Einführung gelangte. Der Friedrich-Wilhelmshütte bei Mühlheim an der Ruhr gebührt der Ruhm, darin vorangegangen zu sein. 1846 gab ein Steigen der Holzpreise und ein billigeres Angebot von Steinkohlen den damaligen Besitzern Göring, Deus & Moll Veranlassung, der Erwägung, ob sich der Koksbetrieb im Hochofen, wie in Belgien und England, nicht lohnen würde, näher zu treten.

Einem Bericht des Herrn Julius Römheld[1]), der damals Beamter der Friedrich-Wilhelmshütte war, entnehmen wir über den weiteren Verlauf das Folgende:

„Bei einer näheren Vergleichung der westfälischen mit der belgischen Kokskohle konnte ein Behinderungsgrund nicht gefunden werden und wurde daraufhin der Beschlufs gefafst, die nötigen Vor-

[1]) Den nachfolgenden ausführlichen Bericht über die Einführung des Koksbetriebes auf der Friedrich-Wilhelmshütte verdanke ich der Güte des Herrn Geh. Commerzienraths Römheld in Mainz, der damals als Beamter der Gesellschaft diese Versuche leitete und sich wesentliche Verdienste darum erworben hat.

Digitized by Google

bereitungen zu treffen am Ende der Kampagne, wenn der Hochofen zum Zwecke der Erneuerung doch ausgeblasen werden müsse, vorher einen Versuch mit Koksbetrieb zu machen.

Die bei Essen gelegene (jetzt ganz von Krupp umschlossene) Zeche Sälzer & Neuak, deren Kohlen damals für die am wenigsten schwefelhaltigen gehalten wurden, kam diesem Vorhaben sehr willfährig entgegen, indem sie auf ihrem Zechengelände unweit des Kohlensturzes für die Errichtung der damals noch mangelnden Koksöfen das nötige Gelände unentgeltlich zur Verfügung stellte und sich verpflichtete, nur Kohlen aus ihren zwei reinsten Flözen „Rötgesbank und Dickebank“ zu liefern, und zwar den gehäuften Bergscheffel, garantiert zu 120 Pfund, zu $2^1/_2$ Silbergroschen am Koksofen auf dem Zechengelände. Anderseits wurde für dieses Versuchsschmelzen ein zarter reicher Roteisenstein von der Lahn beschafft und ein Quantum kugeliger Thoneisenstein aus der Wahner Heide von Herrn Langen in Köln in Zahlung genommen für eine nach der Friedrich-Wilhelmshütte bei Troisdorf gelieferte Dampfmaschine.

Bald nach Mitte des Jahres 1847, als die Vorbereitungen für das Kokshütten beendet und die Holzkohlenvorräte zur Neige gegangen waren, wurde mit dem Versuche begonnen und in dem alten Holzkohlenofen mit den genannten Materialien ein über alles Erwarten günstiges Resultat erzielt, derart, dafs das gewonnene Eisen aus dem Hochofen direkt zu Poterie- und Handelsgufswaren vergossen werden konnte. Das Eisen war dünnflüssig, grau, weich und fest.

Bei dem infolge verstärkten Winddruckes rascheren Gange des Ofens gingen die Vorräte der genannten Eisensteinsorten rascher zu Ende, als sie bei den damaligen mangelhaften Verkehrsmitteln neu beschafft werden konnten, und wurde deshalb zu einem inzwischen bei Ratingen aufgeschlossenen, feinkörnigen, ockerigen, dem belgischen ähnlichen Eisenstein gegriffen, und zwar um so lieber, als dieser infolge geringer Fracht sich billiger stellte. Mit Verwendung dieses neuen Eisensteines blieb der Gang des Ofens zwar ein glatter, regelmäfsiger, das daraus erzielte Eisen war jedoch nicht mehr zu dünnen Gufswaren verwendbar, ja sogar daraus gegossene 4 bis 5 cm dicke Puddelofenplatten wurden hart und sprangen, einen weifsen Bruch zeigend.“ Fortgesetzte Versuche mit diesem Erze ergaben kein besseres Resultat. Als man aber auf den Rat des Hütteninspektors Engels von der Saynerhütte wieder zu den früheren Eisensteinen und dem ersten Möller zurückkehrte, besserte sich auch sofort wieder der Ofengang und das Eisen. Dies war der Anfang des Kokshochofenbetriebes in

Digitized by Google

Westfalen. Seit der Zeit entstanden 1849 und später Kokshochöfen zu Borgeborbeck, Ruhrort, Hörde u. s. w.

Die Drahtwerke von Altena bezogen viel Drahteisen von der Osemundeisen- und Raffinierstahlfabrik zu Brüninghausen.

Die Solinger Klingen- und Messerschmiede hatten ihren alten Ruhm bewahrt und die Remscheider Eisen- und Stahlwarenindustrie nahm von Jahr zu Jahr zu. S. Jackson von Sheffield sagte vor einem Komitee des Parlaments aus: „Seit 25 Jahren haben sich die Eisen- und Stahlwaren von Frankreich und Preufsen fortwährend gebessert. Im Herzogtume Berg befinden sich 800 Sägefabrikanten, 1000 Feilen- und 3000 Messerschmiede, 1000 Säbel- und 1500 Scherenfabrikanten. Diese Fabriken machen uns in Amerika Konkurrenz."

In dieser Periode kam als ein neu eingeführter Industriezweig die Fabrikation von schmiedbarem Gufs auf, namentlich die billiger gegossenen und adoucierten Scheren, Messer, Gabeln u. s. w., die besonders von Knecht & Söhne in Solingen und von Forster & Hartmann in Eilpe fabriziert wurden.

In aller Stille entwickelte sich neben der lärmenden Stabeisenfabrikation unter der klugen, zielbewufsten Leitung von Alfred Krupp die Gufsstahlfabrikation in Westfalen zu immer gröfserer Vollkommenheit. Mit Jahren schwerer Sorge und Entbehrung begann diese Periode. 1832 besafs Krupp zu Essen nur 10 Arbeiter, die sich in den folgenden Jahren auf 9 verminderten. Aber unbeugsam verfolgte er seinen Weg, immer nach Verbesserungen suchend. Ende der 30er Jahre erfand er eine Löffelwalze zum Gebrauche der Löffelfabrikanten. Er nahm darauf Patente in Deutschland, England, Frankreich und Österreich. Es gelang ihm, sein englisches Patent vorteilhaft zu verkaufen. Mit dem Erlöse konnte er einen grofsen Teil der auf seinem Werke haftenden Schulden abtragen. Es war Krupps erster grofser Erfolg und er nutzte ihn nach Kräften aus. Er gründete mit Alexander Schöller in Wien zu Berndorf bei Leobersdorf in Österreich 1844 die Metallwarenfabrik Krupp & Schöller und übertrug seinem jüngeren Bruder Hermann die technische Leitung des rasch emporblühenden Werkes. Aber auch der Essener Gufsstahlfabrikation half der Erfolg der Löffelwalze zu gedeihlichem Aufschwung. 1843 beschäftigte Krupp bereits 99, 1845 122 Arbeiter. Damals zählte die Stadt Essen 7840 Einwohner. Im Jahre 1844 erhielt Krupp auf der Berliner Gewerbeausstellung die goldene Medaille, seine erste grofse öffentliche Auszeichnung. Am 24. Februar 1848 übernahm Alfred Krupp die Gufsstahlfabrikation allein. Durch die

Digitized by Google

politischen Unruhen sank die Zahl seiner Arbeiter wieder auf 72. Um diesen ihren Lohn bezahlen zu können, mufste er das ganze ererbte Silberzeug der Familie verkaufen. Damals bereits beschäftigte sich Alfred Krupp eifrig mit der Verwendung des Gufsstahls für Kriegszwecke, insbesondere für Feuerwaffen. Bereits 1843 hatte er dem preufsischen Kriegsministerium zwei von ihm selbst geschmiedete Gufsstahlgewehrläufe zur Prüfung vorgelegt. Das Kriegsministerium fertigte ihn geringschätzig ab. Darauf schickte Krupp dieselben Läufe an Marschall Soult nach Paris. Die dort angestellten Proben fielen glänzend aus. Nun erst schenkte man der Sache auch in Berlin Beachtung. 1847 hatte Krupp auch ein Dreipfündergeschütz aus Gufsstahl konstruiert, das 1849 in Berlin vor einer Artillerie-Prüfungskommission probiert wurde und sich vorzüglich bewährte. Bald sollte Krupp gröfsere Erfolge erringen.

Die Nadelfabrikation in Iserlohn hatte besonders durch die Bemühungen von Stephan Witte und seinem Sohne Hermann eine hohe Blüte erlangt. 1839/40 führte letzterer, nachdem es ihm gelungen war, Einblick in die berühmten Nadelfabriken zu Reddich in England zu erlangen, die englische Fabrikation mit Maschinen ein. Die Firma Stephan Witte & Ko. beschäftigte zu Ende der Periode über 1000 Arbeiter.

Im Siegerland, welches dem rheinischen Bergamtsbezirk zugeteilt war, herrschte noch ganz der alte gewerkschaftliche Betrieb und war die alte Hütten- und Hammerordnung mit ihren vielen Beschränkungen noch mafsgebend.

Zwar waren am 25. Januar 1830 die alten Kurbriefe aufgehoben und eine neue „Hütten- und Hammerordnung für die gewerbschaftlichen Stahl- und Eisenhütten im Lande Siegen“ eingeführt worden[1]). Dieselbe änderte aber nur wenig an den früheren Einrichtungen. Die Betriebszeit der privilegierten 9 Eisenhütten, 4 Stahlhütten, 16 Eisenhämmer und 12 Stahlhämmer wurde beibehalten, dagegen wurde freigegeben Eisen oder Stahl zu frischen und, was noch wichtiger war, den Eisen- und Stahlhämmern wurde es gestattet, ihre Hammertage im Verhältnis zu dem Kohlenverbrauche in Hüttentage zu verwandeln und als solche zu verkaufen. Das Recht, mit Steinkohlen ohne Anrechnung auf die wegen dem Holzverbrauch privilegierten Tage zu hütten, wurde anerkannt. Dies führte allmählich durch die Einführung des Puddelprozesses (1845), das Aufgeben des Hammer-

[1]) Siehe Jacobi, Das Berg-, Hütten- und Gewerbewesen des Regierungsbezirkes Arnsberg, 1857, S. 129.

Digitized by Google

betriebes und die Vermehrung der Hüttentage durch die Hammertage zur Auflösung der früheren Verhältnisse. Gewohnheitsmäfsig hielt man aber an den alten Einrichtungen noch lange fest. Die Produktion nahm deshalb nur langsam zu und hielt sich in den Jahren 1840 bis 1846 in denselben Grenzen. Dagegen zeigte das für die deutsche Eisenindustrie so günstige Jahr 1847 auch im Siegerlande eine beträchtliche Zunahme der Produktion, welche aber durch die Ereignisse des Jahres 1848 unterbrochen wurde und erst von 1852 zu einem dauernden Aufschwunge führte. In technischer Beziehung ist noch zu erwähnen, dafs man seit 1840 anfing, den Hochöfen eine runde Zustellung statt des rechtwinkligen Querschnittes zu geben und dafs im Jahre 1846 der erste Puddelofen zu Geisweid errichtet wurde. 1847 gofs Herm. Irle in Deuz bei Netphen die ersten Hartwalzen im Siegerlande.

Folgende Tabelle giebt eine Statistik der Hochofenproduktion des Bergamtsbezirkes Siegen[1]) von 1840 bis 1847:

Jahr	Roheisen Tonnen	Rohstahl-eisen Tonnen	Wasch-eisen Tonnen	Gufs-waren Tonnen	Zu-sammen Tonnen	Zahl der Öfen
1840	16 010	6304	575	1291	24 180	51
1841	15 714	5205	671	1339	22 929	53
1842	15 142	4754	522	1166	21 584	52
1843	16 844	5777	518	1251	24 390	50
1844	13 206	6260	454	1180	21 100	49
1845	17 522	4788	484	1409	24 203	50
1846	16 158	3380	417	1626	21 581	47
1847	28 498	5779	493	2012	36 782	53

Im Siegerlande hatte man schon früh versucht, mit Koks im Hochofen zu schmelzen. So wurde bereits im Jahre 1843 auf der königl. Stahlhütte zu Lohe bei Müsen der Versuch gemacht, Rohstahleisen mit Koks zu erblasen. Es geschah dies durch den verdienstvollen Oberhütteninspektor Stengel.

Die einige Jahre später begonnenen zwei Kampagnen auf der Truppacher Hütte mit Koksbetrieb können auch nur als ein interessanter Versuch betrachtet werden. So lange das Siegerland nicht durch eine Eisenbahn mit der Ruhr verbunden wurde, war die regelmäfsige Verwendung von Koks zu teuer. Eine solche Bahn war die Hoffnung der Siegerländer, doch hielt man sie damals noch für unausführbar.

[1]) Zu dem Bergamtsbezirk Siegen gehörten aufser den Kreisen Siegen, Olpe und Altenkirchen auch Brilon, Arnsberg, Wetzlar und Neuwied.

Digitized by Google

Nicht günstiger lagen die Verhältnisse auf der königl. Eisenhütte zu Sayn, wo im Jahre 1847 ebenfalls versuchsweise Koksbetrieb eingeführt worden war. Hier wurden für 1 Ctr. Roheisen 208 Pfd. Koks zum Preise von 1 Thlr. 4,5 Pfge. verbraucht.

Die Eisengiefserei wurde im Siegerlande noch meist direkt aus dem Hochofen betrieben, so zu Marienborn, Sieghütte, Birlenbach und Tiefenbach. 1830 erbaute der Gewerke Achenbach aus Fickenhütten den ersten Flammofen, um Blechwalzen für sein eigenes Walzwerk zu giefsen. Seitdem wurde das Giefsen von Walzen eine Specialität des Siegerlandes. 1847 wurden, wie oben erwähnt, die ersten Hartgufswalzen gegossen. 1830 wurde die Giefserei von G. Gontermann gegründet, die aber damals nur Öfen und Töpfe gofs.

In enger Beziehung zu den Eisengiefsereien stand die Maschinenfabrikation, die sich früh im Siegerlande entwickelt hat. Schon 1829 gründete Gerlach Breitenbach zu Sieghütte eine Maschinenwerkstätte, 1840 nahm die Dahlbrucher Eisengiefserei (Klein), welche zuerst den Kupolofenbetrieb eingeführt hat, den Maschinenbau auf. 1847 entstand die Maschinenfabrik von H. & A. Waldrich zu Sieghütte und 1849 die von A. & H. Öchelhäuser in Siegen.

Langsam ging es mit der Anwendung der Steinkohlen zur Stabeisenbereitung. 1845/46 wurde auf dem Geisweider Eisenhammer der erste Puddelofen für Steinkohlenfeuerung errichtet. Der Puddelofenbetrieb nahm dann in den 40er Jahren rasch zu. 1847 wurden 4608 Tonnen Stabeisen mit Holzkohlen und 9475 Tonnen mit Steinkohlen gefrischt. 1102 Tonnen Bleche wurden mit Holzkohlen, 2579 Tonnen mit Steinkohlen dargestellt.

Die neue Erfindung des Stahlpuddelns war ebenfalls frühzeitig im Siegerlande, dessen Eisen sich dafür in hervorragender Weise eignete, eingeführt worden und wurden am Schlusse unserer Periode 2692 Tonnen Stahl auf gewerkschaftlichen und 128 Tonnen auf landes- und standesherrschaftlichen Werken mit Steinkohlen gefrischt.

Der rheinische Bergdistrikt war für die Eisenindustrie Preufsens in dieser Zeit bei weitem der wichtigste geworden und hatte gegen Ende desselben selbst den schlesischen beträchtlich in der Produktion überholt. Hier sind auch die gröfsten Fortschritte zu verzeichnen. Diese waren im Kampfe errungen, denn gerade der rheinische Distrikt war am meisten der belgischen Konkurrenz, der Überflutung mit dem billigen belgischen und englischen Eisen ausgesetzt. Wie sehr in der Zeit von 1837 bis 1842 die Einfuhr im Verhältnis zur Produktion gewachsen war, zeigt nachstehende Zusammenstellung:

Digitized by Google

	Roheisenproduktion Tonnen	Roheiseneinfuhr Tonnen
1837	46 156	3 062
1838	38 828	7 673
1839	45 540	6 771
1840	43 779	11 574
1841	42 816	24 621
1842	40 450	31 000

Wie an der Ruhr, so fand man sich auch im Rheinlande damit in der Weise ab, dafs man den Hochofenbetrieb auf den Bedarf für Giefsereizwecke beschränkte und für die Stabeisenfabrikation das billige belgische Roheisen bezog, das man in den Frischhütten, sowie in neu angelegten grofsen Puddel- und Walzwerken verarbeitete. Solches war aber nur da mit Vorteil ausführbar, wo die Transportverhältnisse günstig und die Steinkohlen leicht zu beschaffen waren.

Die alte Hochofenindustrie der Eifel hatte diese Vorteile nicht und ging deshalb trotz des vortrefflichen Eisens, das sie lieferte, trotz der Einfachheit der Verhältnisse, bei denen weder die Anlage noch der Betrieb grofse Kosten machten, zu Grunde. Seit 1839, also seit Eintritt der Handelskrisis, welche die Wirkung hatte, dafs die Preise des belgischen Eisens sanken, dieses also noch viel billiger wie früher ins Land kam, hatten die alten Hütten im Schleidener Bezirk (19 Hochöfen und 18 damit verbundene Hammerwerke, ein Walzwerk und einige Drahtziehereien) die Grundlage ihres Wohlstandes verloren. Von diesen Werken waren 1842 nur noch sechs im Betriebe, die übrigen lagen wegen Mangel an Absatz kalt. Man bot das Roheisen zu 114 Mark die Tonne an, 6 bis 12 Mark unter dem Selbstkostenpreise, ohne Abnahme zu finden, denn das belgische wurde zu 55 bis 57 Mark frei Lüttich verkauft, dazu kam das englische Feineisen, welches als Ersatz für Holzkohleneisen genommen wurde und ebenfalls zollfrei eingeführt wurde. Das einzige Walzwerk der Eifel war mit der Hütte zu Gemünd bei Schleiden verbunden; es gehörte Reinhard Pönsgen und enthielt 7 Puddel- und Schweifsöfen. Es produzierte um 1850 zirka 30 000 Ctr. Stabeisen und 6000 Ctr. Draht, der als Kratzendraht hohen Ruf hatte.

Einen grofsen Aufschwung nahmen dagegen die mit Steinkohlen betriebenen Puddel- und Walzwerke am Niederrhein. Das älteste derselben war das Werk der Firma Wilh. und Eberhard Hösch zu Lendersdorf bei Düren. Es war 1813 gegründet und 1824 war hier der erste Puddelofen erbaut worden. Die Lendersdorfer Hütte besafs

Digitized by Google

1846 2 Hochöfen, 2 Kupolöfen und 1 Flammofen, die 8411 Ctr. Gufswaren und 3486 Ctr. Masseln erzeugten. 1838 richtete die Firma auf der Lendersdorfer Walze die Schienenfabrikation ein und war darin das Werk nach Rasselstein das erste in Deutschland. Die Anlage wurde in grofsartiger Weise von dem belgischen Ingenieur Henvaux, dem nachmaligen Direktor von Couillet, erbaut und mit belgischen Arbeitern in Betrieb gesetzt; der Schweifsmeister hiefs Delfaux, der erste Walzendreher Brumaux aus Seraing. Durch den Bau der Köln-Aachener Bahn 1839 bis 1841 kam es an diese zu liegen. 1847 wurden 190468 Ctr. Schienen und 2388 Ctr. Stabeisen hier erzeugt.

1830 war das Walzwerk Eschweiler Pümpchen bei Aachen erbaut worden. 1841 wurde der erste Puddelofen in Eschweiler in Betrieb gesetzt. 1841/1842 erbauten die Belgier Michelis und Bourdoux das Walzwerk zu Eschweiler Aue, welches aber erst 1846 in vollen Betrieb kam und zwar ausschliefslich mit wallonischen Arbeitern. Es hatte 20 Puddel- und 8 Schweifsöfen und verarbeitete belgisches Roheisen von der Esperancehütte bei Seraing, besonders für Eisenbahnbedarf, Schienen, Bandagen, Achsen u. s. w.

1845/46 erbaute der verdienstvolle Walzwerksingenieur R. Daelen, der vordem auf dem Lendersdorfer Werke thätig gewesen war, das Walzwerk „Rote Erde“ bei Aachen. Von da wurde er nach Hörde berufen, wo er den Betrieb des Walzwerkes der Hermannshütte übernahm und durch zahlreiche Verbesserungen und Erfindungen wesentlich zu dem Ruhme dieses Werkes beitrug.

Dem Werke „Rote Erde“ bei Aachen folgte unmittelbar das grofse Walzwerk von Hoesch an der Station Eschweiler, von dem Belgier Dacier im Jahre 1846 erbaut und am 20. Juni 1847 in Betrieb gesetzt mit 10 Puddel- und 3 Schweifsöfen. Es war dies eines der bedeutendsten Schienenwalzwerke Deutschlands und kam fast gleichzeitig mit „Rote Erde“ in Betrieb.

Die Entwickelung der Eisenindustrie am Mittelrhein ging teilweise der am Niederrhein noch voraus. Wie das Werk von Remy, Rasselstein bei Neuwied, das erste Steinkohlen-Puddelwerk in Deutschland war, so war es auch das erste Schienenwalzwerk. Hier wurden bereits im Jahre 1835 die Schienen für die Nürnberg-Fürther Eisenbahn gewalzt. Diese Bahn hat nicht nur den Ruhm der ersten Lokomotivbahn in Deutschland, es war auch die erste, welche deutsche Schienen benutzte, bei der man auf deutschem Eisen fuhr. Leider haben die Erbauer der folgenden Eisenbahnen in Deutschland sich dieses Vorbild nicht zum Muster genommen, sondern ihre Schienen

Digitized by Google

aus dem Auslande bezogen. Für gröfsere Lieferungen war aber auch das Werk zu Rasselstein zu beschränkt und richtete deshalb Remy auf dem Hüttenwerke Alf an der Mosel ein gröfseres Schienenwalzwerk ein, wo 1839 die Schienen für die Düsseldorf-Elberfelder Bahn hergestellt wurden. Die Lage des Werkes war aber ungünstig gewählt und mufste später die Schienenfabrikation wieder aufgegeben werden.

Im Saarbrücker Kohlenrevier nahm um 1830 der Puddelbetrieb einen gröfseren Aufschwung. 1831 wurde das Eisenwerk Neunkirchen umgebaut und das erste Puddel- und Walzwerk im Saargebiete daselbst errichtet. Bald darauf folgten die Puddelwerke zu St. Ingbert, Geislautern und die Quinthütte an der Mosel.

Einige Zeit danach kam auch der Kokshochofenbetrieb in Aufnahme. 1847 belief sich die Hochofenproduktion im Saarbrücker Bezirk von

	Roheisen Tonnen	Gufswaren Tonnen	Zusammen Tonnen
mit Holzkohlen erblasen auf .	2565	3558	6123
„ Koks erblasen auf . . .	3782	1789	5571
Zusammen	6347	5347	11694

4 Hochöfen gingen nur mit Holzkohlen, 4 nur mit Koks und 4 mit einem Gemenge von Holzkohlen und Koks. Die Saarbrücker Werke litten durch die billige Einfuhr des belgischen und englischen Eisens in der kritischen Zeit von 1842 bis 1844 nicht so schwer und die Kokshütten waren im stande, auf ihrem Markte in Süddeutschland mit dem ausländischen Roheisen zu konkurrieren.

Einen bedeutenden Aufschwung nahm die Steinkohlenförderung im Saargebiete, sie stieg von 1830 bis 1850 von 3990248 Ctr. auf 11877114 Ctr., die Zahl der Bergarbeiter von 1245 auf 4580 Mann.

Das altberühmte Werk zu Dillingen gehörte einer Gewerkschaft, die auch die Werke von Geislautern, Bettingen und Münchweiler besafs und 3 Holzkohlenhochöfen, 12 Frischfeuer, 10 Puddelöfen und die entsprechende Anzahl von Schweifsöfen, 10 Blechwalzdoppelgerüste und eine grofse Zinnerei mit allem Zubehör zur Schwarz- und Weifsblechfabrikation betrieb. Das Dillinger Schwarzblech, Dünneisen und Weifsblech genofs einen europäischen Ruf. Das Dillinger Blechwalzwerk war das gröfste in Preufsen und lieferte jährlich 40000 bis 50000 Ctr. Schwarzblech und 20000 bis 25000 Ctr. Weifsblech.

Die Quinthütte an der Mosel, eine Meile unterhalb Trier, war zu einem grofsen Werke herangewachsen, das 2 Kokshochöfen, 9 Puddelöfen und die nötigen Schweifs- und Glühöfen und mehrere Hammer- und Walzwerke umfafste. Es gehörte den Gebrüdern Krämer, die

Digitized by Google

aufserdem 4 Holzkohlenhochöfen zu Stahlhütten, Merkeshausen, Mahlberg und Eichelhütte besafsen. An den ersteren drei genannten Plätzen waren auch Frischfeuer. Diese Werke beschäftigten 2000 Menschen. 1850 waren 20 Puddelöfen im Betriebe, darunter 8 doppelte, ferner 9 Schweifsöfen, 3 Luppenpressen, 1 Dampfhammer und 6 Walzenstrafsen. Die oben schon erwähnte Alfhütte an der Mosel hatte 6 Puddel- und 3 Schweifsöfen.

Das den Herren Gebrüder Stumm gehörige gröfste Eisenwerk des Saargebietes zu Neunkirchen lieferte 1845 einen Teil der Brückenschienen für die badische Bahn.

Die Stabeisenproduktion des Rheinlandes stieg in den Jahren 1845 bis 1847 erstaunlich; sie betrug:

1845	48553	Tonnen
1846	56775	„
1847	75070	„

Die Stahlproduktion von Rheinland und Westfalen war sehr bedeutend. 1847 wurde an Rohstahl gewonnen: in Westfalen 1902 Tonnen, im Siegenschen Bezirk 2946 Tonnen, im Saarbrücker Bezirk 340 Tonnen, in ganz Preufsen 5193 Tonnen zu einem Durchschnittspreise von 44,66 Mark die 100 kg. An Gufsstahl wurden in denselben Bezirken 1847 218 Tonnen zum Preise von 190 Mark die 100 kg erzeugt; an Reck- und Raffinierstahl 2710 Tonnen zu 58,80 Mark die 100 kg.

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Eisenproduktion der ganzen preufsischen Monarchie für die 14 letzten Jahre dieses Zeitraums.

Hochofenproduktion in Preufsen von 1837 bis 1850.

Nach den Hauptbergdistrikten in Tonnen.

Jahr	Schlesien	Brandenburg (Preufsen)	Sachsen (Thüringen)	Westfalen	Rheinland	Ganz Preufsen
1837	34 708	1164	1782	5 260	53 785	96 699
1838	36 411	503	1551	6 343	46 035	90 843
1839	38 732	1119	3393	6 666	53 443	103 353
1840	44 228	1106	3844	6 905	52 381	108 464
1841	41 645	1730	3826	8 010	50 227	105 438
1842	38 629	1641	4081	6 687	47 068	98 106
1843	38 315	1153	3605	5 480	49 672	98 225
1844	38 699	1551	4605	8 877	42 446	96 178
1845	45 122	538	5461	9 477	45 870	106 468
1846	50 890	616	5183	9 826	47 246	113 761
1847	50 575	789	4681	9 140	68 831	134 016
1848	50 850	822	2885	9 332	60 386	124 275
1849	48 347	462	2678	7 441	54 889	113 817
1850	55 817	475	2474	11 177	61 251	131 194

Digitized by Google

Nach dem Brennmaterial verteilte sich die Hochofenproduktion wie folgt:

Jahr	bei Holzkohlen		bei Koks		bei Koks- und Holzkohlen	
	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent	Tonnen	Prozent
1837	87 449	90,5	8 500	8,75	750	0,75
1842	80 484	82	15 571	16	2 051	2
1849	83 467	73,4	19 387	17	10 944	9,6
1850	98 521	75,2	23 652	18	9 021	6,8

Vor 1845 schmolz man nur in Oberschlesien Eisenerze mit Koks; seit 1845 gab es in dem rheinischen Bergdistrikt und seit 1849 auch im westfälischen Bergdistrikt Kokshochöfen. 1850 erzeugte der rheinische Hauptbergdistrikt 5095 Tonnen Roheisen mit Koks und 450 Tonnen mit gemischtem Brennmaterial, der westfälische Hauptbergdistrikt 1075 Tonnen mit Koks und 3021 Tonnen mit gemischtem Brennmaterial.

Die durchschnittliche jährliche Produktion eines Hochofens in Preufsen betrug:

Jahr	bei Holzkohlen Tonnen	bei Koks und gemischtem Brennmaterial Tonnen
1837	470,5	841,0
1842	455,0	881,0
1850	566,5	927,5

Produktion von Gufswaren aus Roheisen in Preufsen von 1837 bis 1850.

In Tonnen.

Jahr	Schlesien	Brandenburg (Preufsen)	Sachsen (Thüringen)	Westfalen	Rheinland	Ganz Preufsen	Gufswaren erster Schmelz.
1837	1613	2 110	1573	775	631	6 702	16 073
1839	2388	3 120	583	1376	2847	10 314	21 850
1841	6386	4 536	286	456	4109	15 773	20 365
1843	7421	6 085	243	2121	3645	19 515	15 706
1845	8734	15 606	366	3674	6617	35 997	23 762
1847	5847	13 099	1714	5921	6759	33 340	23 911
1849	4316	8 511	1783	2578	4881	22 069	23 472

Digitized by Google

Obgleich die Erzeugung von Gufswaren zweiter Schmelzung in dieser Zeit eine starke Zunahme erfahren hatte, so blieb sie doch auch am Schlusse noch hinter der Gufswarenerzeugung direkt aus dem Hochofen zurück.

Produktion von Stabeisen in Preufsen von 1837 bis 1850.

Nach den Hauptbergdistrikten in Tonnen.

Jahr	Schlesien	Brandenburg (Preufsen)	Sachsen (Thüringen)	Westfalen	Rheinland	Ganz Preufsen
1837	20 162	3025	2213	5 432	26 236	57 068
1839	24 816	3719	2729	8 341	27 818	67 423
1841	26 264	4821	2132	10 357	33 299	76 873
1843	27 357	5393	1826	14 041	36 973	85 590
1845	39 329	5967	1554	19 003	48 558	114 411
1847	36 760	8839	1953	31 431	75 070	154 053
1849	31 747	5134	1489	26 111	39 885	104 366

Produktion von Blech, Draht und Stahl in Preufsen von 1837 bis 1850.

In Tonnen.

Jahr	Blech inkl. Weifsblech	Draht	Rohstahl	Gufsstahl	Raffinierter Stahl
1837	5 679	3278	5197	34,10	2124
1839	5 858	3964	5026	36,35	2815
1841	7 816	5371	5035	45,45	3475
1843	9 528	7083	5387	45,45	3040
1845	12 414	9700	5471	87,50	3524
1847	13 192	6338	5634	217,85	2710
1849	8 189	5818	4402	556,05	2683

Bei der Stabeisenerzeugung spielte die Verwendung der Steinkohlen schon weit früher eine Rolle, als bei der Roheisendarstellung. 1837 betrug der Anteil des mit Steinkohlen erzeugten Stabeisens in Preufsen 31,5 Proz., 1842 39,5 Proz., im Jahre 1847 schon 70,2 Proz. und verteilte sich die Stab- und Walzeisenproduktion nach den Brennstoffen wie folgt. In den Hauptbergdistrikten wurden erzeugt:

Digitized by Google

	mit Holzkohlen Tonnen	mit Steinkohlen Tonnen	im ganzen Tonnen
in Brandenburg-Preufsen . .	6339	2500	8839
„ Schlesien	17966	18793	36759
„ Sachsen-Thüringen . . .	1953	—	1953
„ Westfalen	5047	26383	31430
„ Rheinland	14536	60535	75071
	45841	108211	154052

Der Anteil Preufsens an der Gesamtproduktion des Zollvereins betrug

	für Roheisen	für Stabeisen
1834	56,0 Proz.	62,1 Proz.
1842	57,5 „	67 „
1847	58,5 „	77 „
1850	62,4 „	80 „

Im Jahre 1847 standen in Preufsen im Betriebe: 11 Blauöfen (in Thüringen), 227 Hochöfen, 58 Giefsereiflammöfen, 153 Kupolöfen, 47 Tiegelschmelzöfen, 763 Frisch- und Löschfeuer, 262 Puddelöfen und 150 Schweifsöfen.

Von Dampfmaschinen waren für die Industrie in Preufsen in Thätigkeit:

	Maschinen mit	Pferdekräften
1837	419	7355
1840	615	11712
1843	863	16498
1846	1139	21715
1849	1445	29483
1852	2124	43051

Betrachten wir nun kurz die Entwickelung und den Zustand der Eisenindustrie von 1831 bis 1850 in den übrigen deutschen Staaten.

Aufserpreufsische deutsche Staaten 1831 bis 1850.

Braunschweig und Hannover waren im Besitze der altberühmten Eisenwerke des Harzes. Die Harzer Werke galten lange Zeit für mustergültig; die fürstlichen Beamten waren bestrebt, den Betrieb nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu leiten und neue Verbesserungen einzuführen. Die Rentabilität der Eisenhütten litt aber in dieser Periode sehr unter den ungünstigen Verhältnissen. Man erhöhte in den 30er Jahren die Hochöfen auf 30 bis 35 Fufs, bei 7 bis 8 Fufs Weite im Kohlensack und führte eiserne Cylindergebläse und erhitzten

Digitized by Google

Wind ein. Braunschweig besafs (1839) 9 Hochöfen nebst 6 Giefsereien und 6 Kupolöfen, 23 Frischfeuer mit Stabhämmern, 4 Zainhämmer, 1 Walzwerk, 3 Hammerwerke und 1 Schmelzstahlwerk.

Von den Hochöfen waren meist nur 6 im Betriebe, welche 3500 bis 3750 Tonnen Roheisen lieferten, wovon etwa die Hälfte zu Gufswaren verwendet wurde. Die Harzer Hütten zeichneten sich durch besonders schönen, sauberen Gufs aus. Einige Kupolofengiefsereien bedienten sich nebenher noch schottischen Roheisens. An Stabeisen wurde an 1500 Tonnen von den Frischhütten geliefert. Die Stahlproduktion betrug etwa 20 Tonnen. Bei Zorge war eine bedeutende Maschinenfabrik entstanden, die Lokomotiven baute. Der Beitritt Braunschweigs zum Zollverein anfangs der 40er Jahre erweiterte dessen Absatzgebiet und wirkte günstig auf die Harzer Eisenwerke ein.

Hannover besafs 1839 8 Hochöfen, welche etwa 5000 Tonnen Roheisen lieferten, wovon $^1/_3$ zu Gufswaren verwendet wurde, fast $^1/_3$ wurde granuliert und an die Oberharzer Silberhütten geliefert, das Übrige wurde auf 16 Frischfeuern verfrischt. Zu Königshütte wurde Draht und Rohstahl und zu Sollinger Hütte Gufsstahl aus Schmelz- und Brennstahl fabriziert. Aufserdem gab es einige Privathütten, unter denen die Brabecksche Hütte bei Dassel in der Nähe von Sollingen die bedeutendste war. Sie lieferten 1839 um 8000 Ctr. Gufswaren und 2500 Ctr. Stabeisen. 1850 war die Hochofenproduktion auf 140000 Ctr. gestiegen[1]).

Die alte Teichhütte zu Gittelde war gemeinschaftlich; $^2/_3$ davon stand Hannover, $^1/_3$ Braunschweig zu. Bei dieser Kommunionhütte trat vom Jahre 1836 ab eine Steigerung der Produktion ein, indem von da ab der jährliche Roheisenverkauf 9000 Ctr. überstieg. Im Jahre 1839 belief er sich auf 11749 Ctr., 1841 auf 14118 Ctr. Die höchste Produktion wurde aber im Betriebsjahre 1849 erreicht, wo die Eisenverteilung 15448 Ctr. betrug.

Aus dem Jahre 1848 liegen ausführlichere Nachrichten vor[2]).

Die Mafse des Hochofens waren damals folgende:

Höhe vom Bodenstein bis zur Gicht . .	28 Fufs	4 Zoll	(8,276 m)
Weite des Kohlensackes	8 „	—	(2,337 „)
Weite der Gicht	4 „	—	(1,168 „)

[1]) Nach Öchelhäuser betrug die Hochofenproduktion Hannovers
1840 . . . . . 8408 Tonnen
1847 . . . . . 10116 „

[2]) Resultate des Hochofenbetriebes auf der Eisenhütte bei Gittelde im Jahre 1848 beim Schmelzen mit Holzkohlen und lufttrockenem Holze von Bergrat A. v. Unger in Karstens Archiv für Mineral. etc. 1853, XXV, 261.

Digitized by Google

Der Ofenschacht war aus buntem Sandstein, das Gestell aus Quadersteinen von Blankenburg aufgeführt. Es war 1847 einförmig zugestellt worden nach folgenden Mafsen:

Höhe vom Bodenstein bis Rast	5	Fufs			(1,461 m)
„ „ „ „ unter den Tümpel .	1	„	4	Zoll	(0,390 „)
„ „ „ „ „ das Trageisen	3	„	—		(0,876 „)
„ „ „ „ Mittel der Form . .	1	„	4	Zoll	(0,390 „)

Gegen Ende der 50er Jahre ging man dazu über, das Hochofengestell aus Masse zu stampfen. Veranlassung hierzu gab einesteils der Umstand, dafs die Blankenburger Sandsteine öfters schlecht angeliefert worden waren, anderseits die günstigen Erfahrungen, die man mit der Massenzustellung auf der Königl. Hannoverschen Hütte zu Altenau gemacht hatte. Die Masse wurde aus sorgfältig zubereitetem Thon und Quarz von Altenau, welche im Verhältnis von 1 zu 4 und 1 zu 5 gemischt wurde, künstlich hergestellt. Das Einstampfen geschah mit Hilfe von Schablonen, welche aus sechs übereinander stehenden Kästen bestanden. Fig. 262 zeigt das Massengestell und Fig. 263 die zugehörigen Schablonen. Auch bei diesem Gestell hatte man nur eine Form, rechts von der Arbeitsseite. Der Boden war ebenfalls aus gestampfter Masse gebildet.

Fig. 262.

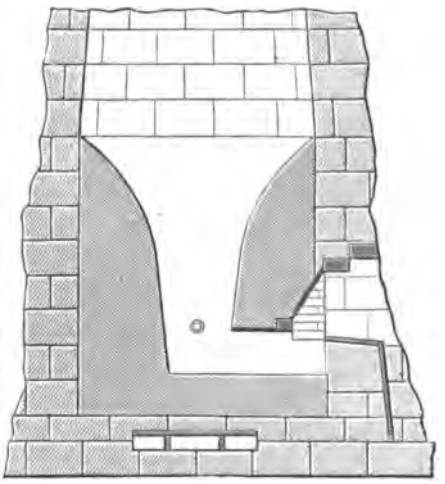
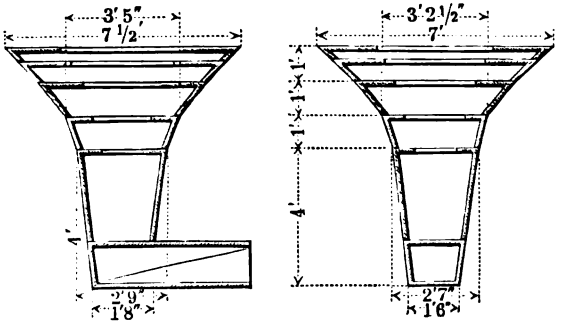


Fig. 263.



Bei dem früheren Steingestell war die Form mit einem Ansteigen von 7 Grad eingehauen und mit 3 Grad Neigung eingesetzt. Sie lag 5 Zoll vom Lote ab nach dem Hintergestell zu. Die flache Rast hatte einen Winkel von 40 Grad. Das Gebläse bestand aus zwei doppeltwirkenden

Digitized by Google

Cylindern von 3 Fufs $5^3/_8$ Zoll Durchmesser und 4 Fufs $10^1/_5$ Zoll Hub. Es wurde von einem Wasserrade getrieben und war von guter Leistung. In den Ofen gelangten 455 bis 555 Kubikfufs Luft in der Minute von 8 bis 13 Linien Quecksilber oder 9 bis 14 Lot auf den Quadratzoll Pressung. Man hatte auch zu Gittelde Versuche mit erhitztem Wind gemacht, derselbe soll aber ungünstig auf die Güte des Roheisens gewirkt haben und wurde deshalb wieder aufgegeben.

Man machte zweierlei Gattierungen, um Roheisen für Stabeisen oder für Stahl zu blasen. Für Stabeisen nahm man $^{13}/_{21}$ Brauneisenstein, $^7/_{21}$ Spateisenstein und $^1/_{21}$ roten Mergeleisenstein, für Stahl dagegen $^6/_{21}$ Braun- und $^{15}/_{21}$ Spateisenstein. Die Erze mufsten, wegen ihres Gehaltes an Schwefelmetallen, gut geröstet und aufbereitet werden. Der Brennstoffsatz bestand aus 210 Pfd. Holzkohlen, mit dem Erzsatze wechselte man.

Das Roheisen liefs man in den Sand laufen zu Masseln von $1^1/_2$ Fufs Länge, 9 Zoll Breite und 2 Zoll Dicke. Bei gutem Ofengange war das Eisen weifsstrahlig, von hellem Klange. Das daraus gefrischte Stabeisen war zäh und hart. Etwa 2500 Ctr. wurden auf den Gittelder Hütten und zwar auf der Neuhütte bei Badenhausen verfrischt, der Rest an die hannoverschen und braunschweigischen Hütten abgegeben. In 24 Stunden wurden 32 bis 34 Gichten gesetzt und in einer Woche 380 bis 400 Ctr. Roheisen geschmolzen. Diese höhere Produktion hatte ihren Grund in der reichhaltigeren Gattierung, der man einen Eisengehalt von 36 bis 37 Proz. gegen früher von 25 Proz. gab. Man schmolz 210 Pfd. Beschickung auf 100 Pfd. Kohlen und brauchte für 100 Pfd. Roheisen 130 Pfd. Kohlen; ein bedeutend besseres Ergebnis als zu Anfang des Jahrhunderts. In den Jahren 1846 und 1847 hatte man versucht, einen Teil der Holzkohlen durch lufttrockenes Holz zu ersetzen. Da diese Versuche günstig ausgefallen waren, so wiederholte man sie in den Jahren 1848 und 1849 in gröfserem Mafsstabe. Man spaltete das Holz mit der Hand. Nach v. Unger ersparte man bei Anwendung von lufttrockenem Holze im Hochofen 17 bis 26 Proz. und konnte 6,9 Kubikfufs statt 6,6 Kubikfufs Beschickung setzen.

Die höheren Jahreserträgnisse, welche man in den letzten Jahrzehnten bei dem Hochofen zu Gittelde erlangte, waren auch dadurch herbeigeführt, dafs man nicht mehr so kurze Hüttenreisen machte wie früher. Die letzten Kampagnen, über welche die Hüttenrechnungen im Archiv des Oberbergamtes zu Klausthal vorhanden sind, die von 1846/47 und 1848/49, dauerten fast je 2 Jahre. Nach dieser Zeit scheint die Hütte längere Zeit aufser Betrieb gewesen zu sein. Das Gittelder Roheisen

Digitized by Google

war wegen seiner Güte sehr gesucht, es war besonders geeignet zum Frischen eines harten und festen Stabeisens und war das einzige Roheisen des Harzes, welches für Stahlbereitung geeignet war. Die hannoverschen und braunschweigischen Hütten, die etwa 17000 Ctr. davon bezogen, verwendeten es mit Vorliebe als Zusatz, um die Qualität ihres Frischeisens zu verbessern. Auf der Neuhütte bei Badenhausen, wo 2500 Ctr. unvermischt verfrischt wurden, war das Feuer aus vier Zacken, die einen Raum von 20 Zoll im Quadrat umschlossen, zusammengesetzt. Die eine offene Seite war mit Gestübbe geschlossen, das mit einer Eisenplatte, dem Reitblech, überdeckt war. Durch das Gestübbe legte man eine eiserne Rinne zum Ablassen der Schlacken. Die kupferne Form ragte mit 17° Neigung $3^1/_2$ Zoll in den Herd hinein. Sie war im Lichten $1^3/_8$ Zoll breit und $1^1/_4$ Zoll hoch und lag $11^1/_2$ Zoll über dem Boden. Eine Charge von $2^1/_4$ Ctr. Einsatz wurde in 4 bis 6 Stunden gefrischt bei einem Eisenausbringen von 72 bis 74 Proz.[1]).

Der hüttenmännische Betrieb hätte nach den Ergebnissen der letzten Jahre keine Veranlassung gegeben, die Gittelder Hütte kalt zu stellen. Wenn dies dennoch geschah, so lag der Hauptgrund darin, dafs die Gruben des Ibergs erschöpft waren und dafs die Eisenpreise immer mehr sanken. 1812 wurden für den Centner Roheisen noch 3 Thlr. bezahlt, 1826 nur noch 2 Thlr., 1840 1 Thlr. 19 Gr. 1822 kostete Stabeisen 1. Gattung 7 Thlr., 2. Gattung 7 Thlr. 6 Gr., 3. Gattung 7 Thlr. 16 Gr., 4. Gattung 9 Thlr. 15 Gr.; 1844 kosteten dieselben Sorten 5 Thlr., 5 Thlr. 12 Gr., 6 Thlr. 8 Gr. und 8 Thlr. 8 Gr., während die Rohmaterialien nicht billiger geworden und die Löhne gestiegen waren. Indessen dachte man 1849, als man den Betrieb einstellte, auch keineswegs daran, dafs dies für Jahre hinaus sein sollte.

Am 24. August 1853 bestand nach einem offiziellen Berichte bei Gittelde noch die sogenannte Teichhütte nebst der Frischhütte, genannt die Neuhütte bei Badenhausen mit 3 Wohngebäuden und 17 Einwohnern. Ein Betrieb wurde damals nicht geführt. Ende der 50er Jahre mufs derselbe aber wieder aufgenommen worden sein. In den amtlichen Mitteilungen über die Produktion der Hütten des Kommunion-Unterharzes erscheint die Teichhütte wieder und zwar betrug ihre Erzeugung 1860 19137 Ctr., 1861 12239 Ctr. und 1862 19020 Ctr., 1863 10809 Ctr., 1864 21472 Ctr., 1865 21345 Ctr., 1867 10647 Ctr. hauptsächlich Rohstahleisen.

---

[1]) Nach Bruno Kerl, Der Kommunion-Unterharz 1853.

Digitized by Google

Nach dem Kriege von 1866 fiel der hannoversche Anteil der Gittelder Hütte mit den übrigen Harzhütten an Preufsen. 1868 wurde die Gittelder Eisenhütte verkauft und zu anderweitigen Fabrikzwecken verwendet. Bei dieser Gelegenheit verzichtete die preufsisch-braunschweigische Kommunionharz-Verwaltung sowohl auf das Vorrecht der Verhüttung der Iberger Eisenerze, wie auch auf das von ihr ausgeübte Regalrecht.

Dies war das Ende der berühmten Eisenhütte bei Gittelde, welche fast drei Jahrhunderte lang mit Auszeichnung ihren Betrieb geführt hatte. Sie verschwand infolge der veränderten Betriebsbedingungen und ihr Untergang bietet ein Beispiel für viele hundert ähnliche Fälle.

Das Königreich Sachsen besafs zwar die reichen, altbekannten Steinkohlenlager bei Zwickau, aber man hatte bis Ende der 40er Jahre nicht daran gedacht, dieselben für den Hochofenbetrieb nutzbar zu machen. Erst um 1840 wurde die Anlage eines Hüttenwerkes für Steinkohlenbetrieb den Fortschritten der Technik entsprechend ins Auge gefafst, und so entstand die Königin Marienhütte zu Kainsdorf bei Zwickau, deren erster Hochofen am 2. Juni 1843 angeblasen wurde. Damit war der Koksbetrieb in Sachsen eröffnet. Aber die Gesellschaft machte schlechte Geschäfte und hätte wohl Ende 1843 fallieren müssen, wenn die Herren Gebrüder von Arnim auf Planitz und Crossen das Werk nicht gegen eine jährliche Pacht von 16 000 Thaler bis zum 1. Januar 1847 übernommen hätten.

1839 zählte man dagegen noch 19 bis 20 Holzkohlenhochöfen im Königreich, von denen die meisten zwischen Schneeberg und Johann-Georgenstadt im Erzgebirge gelegen waren. Auf einigen, wie namentlich auf der Hütte Morgenröte, hatte man erhitzten Wind beim Hochofenbetrieb eingeführt. Das Roheisen der sächsischen Hochöfen wurde grofsenteils zu Gufswaren verwendet. Von den 4750 Tonnen, welche die Hochöfen lieferten, waren 1250 Tonnen Gufswaren. Die Stabeisenproduktion betrug etwa 2250 Tonnen. 1837 bis 1839 war die Eisenbahn von Leipzig nach Dresden, die erste gröfsere Bahnlinie Deutschlands, erbaut worden, dieser folgte 1841 bis 1845 die sächsische Staatsbahn von Leipzig über Altenburg und Crimmitschau nach Zwickau. Diese Bahn trug viel zum Aufblühen der sächsischen Eisenindustrie bei.

Im Jahre 1848 produzierte das Königreich 5734 Tonnen Roh- und Gufseisen mit Holzkohlen, 1325 Tonnen mit Koks und 1825 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung, davon 55 Tonnen mit Koks; ferner 2660 Tonnen gröberes, 700 Tonnen feineres Stab- und Zeugeisen, davon 1320 Tonnen mit Steinkohlen; 400 Tonnen Blech und 9¼ Tonnen

Digitized by Google

Draht. Es waren im Betriebe 15 Holzkohlenhochöfen und 2 Kokshochöfen, 8 Kupolöfen, 51 Frischfeuer mit 60 Hämmern, 23 Wärm- und Zainfeuer mit 44 Hämmern, 5 Blechwalzwerken und 1 Drahtwerk.

Aufser der Königin Marienhütte bei Zwickau war ein zweites Hüttenwerk für Steinkohlenbetrieb, die König Friedrich-Augusthütte im Plauenschen Grunde, zur Verwendung der Potschapeler Steinkohlen erbaut worden, ferner die Puddelhütte Carsdorf bei Dippoldiswalde. Diese Werke umfafsten 3 Hochöfen nebst Giefsereianstalten, 8 Kupolöfen, 10 Puddel- und 5 Schweifsöfen mit 3 Hämmern und 2 Walzwerken. Die Friedrich-Augusthütte war aber nur kurze Zeit im Betriebe, und hatte infolge des schlechten Koks und schlechter Betriebsleitung sehr ungünstigen Erfolg. Das Puddel- und Walzwerk der Königin Marienhütte lieferte seit 1848 auch Eisenbahnschienen. Hier wurde der erste Dampfhammer in Deutschland von Wilhelm Dorning erbaut und um 1849 in Betrieb gesetzt. Um 1850 wurden im Königreich Sachsen 17 Hochöfen, 84 Frischfeuer, 12 Puddlings-, 6 Schweifs-, 21 Kupol- und 25 Flammöfen auf 24 Eisenwerken aufgeführt. Die bedeutendsten Holzkohlenhüttenwerke waren zu Gröditz in der Lausitz, im Weifseritzer Thal bei Dresden, in der Umgebung der Städte Schwarzenberg, Johann-Georgenstadt, Eibenstock und Schneeberg, und zu Rautenkranz im Voigtlande. Dieselben wurden meistens noch mit Wasserkraft betrieben. Es fehlte noch an einer Eisenbahnverbindung zwischen Erz- und Steinkohlengebiet.

Die sächsischen Fürstentümer besafsen im Thüringer Walde eine alte aber wenig bedeutende Eisenindustrie. Um 1840 betrug deren ganze jährliche Hochofenproduktion etwa 3250 Tonnen und stieg bis 1847 auf 4000 Tonnen. Die Stabeisenproduktion belief sich auf 1500 bis 2600 Tonnen.

In der Nähe von Eisfeld befand sich ein von Thoma angelegter Gaspuddelofen, in dem aber nicht nur Eisen gepuddelt, sondern auch Erze direkt auf Eisen verarbeitet wurden. In einem andern einfachen Apparate sollte mit Gasen Roheisen erzeugt werden.

Gewaltiges Aufsehen erregte die Gründung des Herrn Meyer von Hildburghausen, des Schöpfers des Bibliographischen Institutes, welcher bei Neuhaus im Meiningenschen eine grofsartige Eisenhüttenanlage mit Hochofen-, Puddel- und Walzwerk für Steinkohlenbetrieb errichtete. Eine Aktiengesellschaft „Deutsche Eisenbahnschienen-Compagnie“ kam zusammen. Sie stellte in Aussicht, jährlich 15000 Tonnen Eisenbahnschienen zu liefern. Die Werke wurden 1846 gebaut. Das Unternehmen war aber ein gänzlich ver-

Digitized by Google

fehltes, denn es mangelte so ziemlich an allem, was zum Hüttenbetriebe gehört. Die Kohlen von Neuhaus, auf welche dasselbe in erster Linie begründet war, waren für den Hochofenbetrieb unbrauchbar. Die Erze mufsten von kleinen, ungenügend aufgeschlossenen Gruben bezogen, grofsenteils aber im Hennebergischen gekauft werden. Die Kommunikationsmittel waren so schlecht wie nur möglich. Nur gänzliche Unkenntnis der technischen Grundlagen eines grofsen Eisenwerkes konnte eine solche Gründung ermöglichen, die pomphaft in die Welt posaunt wurde, aber kaum erstanden, auch schon zu Grunde ging. Den Mittelpunkt des Werkes[1]) bildeten 4 Hochöfen mit ihren Schmelzhallen, an deren Seite sich eine grofse Maschinenfabrik hinzog, während vor ihnen die für die Stabeisen- und Schienenfabrikation bestimmte Halle mit den Puddel- und Schweifsöfen, den Hämmern und Walzwerken sich befand. Die Koksofenanlage lag hinter den Hochöfen. Die Einrichtungen waren grofsartig und entsprachen den höchsten technischen Anforderungen. Um so trauriger war es, dafs dieselben an einem so verkehrten Platze errichtet worden waren. Das unzweckmäfsige, um nicht zu sagen schwindelhafte Unternehmen hat den Kredit der deutschen Eisenindustrie damals sehr geschädigt.

Die alten Eisenwerke in den Reufsischen Ländern lieferten um 1840 gegen 600 Tonnen Stabeisen, in dem Schwarzburgischen Gebiete 700 bis 750 Tonnen. In den Anhaltischen Ländern lag das bekannte Hüttenwerk Mägdesprung, welches damals 200 Tonnen Gufswaren, 300 Tonnen Stabeisen und 20 Tonnen Rohstahl lieferte. Hier wirkte Bischof in den 40er Jahren, und stellte hier zum Teil seine Versuche mit Generatorgasen an. Beträchtlicher war noch die ebenfalls sehr alte Eisenindustrie im Fürstentum Waldeck. v. Reden giebt die Eisenproduktion 1840 auf 1000 Tonnen Roheisen an. 1847 betrug sie 1050 Tonnen Roheisen, wovon ein Teil auf 3 Frischfeuern zu 300 Tonnen Stabeisen verarbeitet wurde. Der Rest des Roheisens wurde als solches verkauft.

Im Kurfürstentum Hessen war die Eisenindustrie teilweise staatlich und ist früher schon von dem verdienstvollen Wirken des Hütteninspektors Pfort wiederholt die Rede gewesen. Aufser zu Veckerhagen wurden Hochöfen zu Homberg, Rommershausen und Bieber betrieben. Diese vier Werke lieferten 1835 bis 1839 im Durch-

[1]) Siehe die Schilderung von Dr. Heeren in der deutschen Gewerbezeitung Jahrgang 1847, Nr. 9. Mischler a. a. O. I., 534.

Digitized by Google

schnitt 2000 Tonnen Eisen, worunter 800 Tonnen Gufswaren. Aufser an den genannten Orten wurde das Roheisen noch auf einer Anzahl kleiner Frischhämmer in Stabeisen verwandelt, wovon 890 Tonnen im Durchschnitt erzeugt worden waren. Alle Hochöfen wurden mit erhitztem Wind betrieben, und hatten gute Maschinen- und Gebläseeinrichtungen von Henschel in Kassel. Pfort hatte zu Veckerhagen um 1840 auch den Puddelbetrieb mit Hochofengasen eingeführt.

Selbständig und getrennt hiervon war die Eisenindustrie der Herrschaft Schmalkalden, wo aus den vortrefflichen Stahlerzen (nach Karsten) etwa 1000 Tonnen Roheisen erzeugt wurden. Ein Teil davon lieferte etwa 500 Tonnen Stabeisen, der Rest wurde verkauft. 1836 speiste der Stahlberg mit seinen Erzen 11 Hochöfen. Um 1850 betrug die Roheisenproduktion 1700 Tonnen.

In Hessen-Darmstadt hatte die Eisenindustrie in dieser Periode an Umfang zugenommen. 1830 bis 1832 wurde eine Stunde südlich von Biedenkopf ein neues Hüttenwerk, die Kilianshütte, mit 2 Hochöfen, 1 Kupolofen, Cylindergebläse und Giefserei, ferner ein Grob- und Feindrahtzug nebst zwei Drahtstiftmaschinen, sowie eine Rollenschmiede mit 20 Feuern erbaut. Die früher herrschaftliche Ludwigshütte bei Biedenkopf mit 2 Hochöfen war 1834 in Privathände übergegangen. Aufserdem befanden sich Hochöfen auf der Friedrichshütte bei Laubach, deren Hochofen und Giefserei 1822 neu erbaut worden war, und zu Hirzenhain, welche von den Gebrüdern Buderus betrieben wurden, und auf der neuerbauten Karlshütte, zwischen Biedenkopf und Marburg. In der Provinz Starkenburg lagen die Steinbacher Hütte bei Michelstadt und die Waldmichelbacher Hütte. In Oberhessen zählte man 6, in Starkenburg 7 Hammerwerke. Ende der 40er Jahre entstand in Darmstadt eine Maschinenfabrik und Eisengiefserei mit Kupolofenbetrieb. Die hessischen Eisenwerke lieferten 1847 9300 Tonnen Roheisen und Gufswaren erster Schmelzung, und 1325 Tonnen Frischeisen, und 2250 Tonnen Puddeleisen auf dem der metallurgischen Gesellschaft zu Stollberg gehörigen Michelstädter Eisenwerke.

Auf der Ludwigshütte zu Biedenkopf wurde der Hochofen, wenn ein neues Gestell eingebaut wurde, die ersten sechs Monate nur mit einer Form betrieben, und dabei durchschnittlich 15 Tonnen Gufswaren in der Woche erzeugt, dann wurde eine zweite Form eingelegt und nun auf Roheisen zum Verfrischen geblasen, wovon 20,5 Tonnen in der Woche dargestellt wurden. Die Hochöfen wurden mit heifsem Winde von 240° R. betrieben. Man wendete die Winderhitzung auch

Digitized by Google

bei den Kupolöfen und den Frischfeuern an, und verwendete die Hochofengase zum Weifsen, Puddeln und Schweifsen des Eisens [1]).

Viel reicher an vortrefflichen Eisensteinen war das Herzogtum Nassau. 1830 produzierte das Land aber nur etwa 5000 Tonnen Roheisen. Ende der 30er Jahre waren 19 Hochöfen auf folgenden Werken im Betriebe: Zu Hohenrhein und Nievern je 2, zu Ahlerhütte, Christianshütte, Maxsaynerhütte, Katzenellenbogen, Langeheck, Michelbach, Emmershausen, Audenschmiede, Löhnberg, zu Sinner-, Burger- und Haigerhütte, Niederschelder-, Steinbrücker- und Ebersbacher-Hütte je einer. Dieselben erzeugten etwa 8500 Tonnen Roheisen und Gufswaren, namentlich Ofenguís. Ein grofser Teil des Roheisens wurde aufser Landes verkauft. Karsten schätzt die Stabeisenproduktion Nassaus auf höchstens 3000 Tonnen. — In der kritischen Zeit von 1840 bis 1844 hatte die Nassauische Eisenindustrie durch die billige Einfuhr fremden Eisens sehr zu leiden. Dennoch stieg die Roheisenerzeugung. 1844 lieferten 20 Hochöfen 14 300 Tonnen Roheisen in Gänzen, 1540 Tonnen Gufseisen, 50 Tonnen Wascheisen und 200 Tonnen Brucheisen. 44 Frischfeuer mit 30 Grobhämmern lieferten 1260 Tonnen Stabeisen, 3 Kleinhämmer 280 Tonnen Kleineisen, und 4 Schneidewerke 220 Tonnen Schmiedeeisen. 1847 war die Produktion der Hochöfen auf 15 035 Tonnen Roheisen und 2460 Tonnen Gufswaren gestiegen [2]). Auf der Michelbacher, Emmershäuser und Niesterthaler Hütte hatte man Puddelofenbetrieb eingeführt, wozu man teils Steinkohlen aus Saarbrücken, teils Braunkohlen aus dem Westerwald verwendete. Für Nassau war die Eisenindustrie damals das wichtigste Gewerbe. In den 40er Jahren begann auch die Ausfuhr nassauischer Erze nach dem Niederrhein.

Auf der linken Rheinseite wurde in der Herrschaft Birkenfeld, welche zu Oldenburg gehörte, ein Hochofen zu Bosen betrieben, der 1839 500 bis 600 Tonnen Roheisen erzeugte. Ebenso hatte Hessen-Homburg in seiner Enclave Meisenheim einen kleinen Hochofen.

In dem Grofsherzogtum Baden gab man sich grofse Mühe, die Betriebseinrichtungen der Eisenhütten zu verbessern und Neuerungen einzuführen. Angeregt durch die Erfolge zu Wasseralfingen, suchte man auch in Baden die verloren gehende Wärme der Hochöfen

---

[1]) Emile Rayle, Sur l'usine à fer de Ludwigshütte dans la Hesse. Darmstadt 1844. Ann. des Mines, 4. Ser. V., 457.

[2]) Eine Zusammenstellung der Hochofenproduktion Nassaus von 1828 bis 1850 giebt Öchelhäusers vergleichende Statistik der Eisenindustrie aller Länder. 1852, S. 82.

Digitized by Google

und Frischfeuer zu benutzen. Die Hochöfen wurden fast alle mit Winderhitzungsapparaten versehen, die man auch bei vielen Frischfeuern anbrachte. Man benutzte ferner die entweichende Flamme der Frischfeuer zum Vorwärmen des Roheisens. Die Eisenwerke in den Südthälern des Schwarzwaldes längs der Schweizer Grenze waren ärarisch und standen im Selbstbetrieb. Zu den älteren 7 Werken wurden in den 30er Jahren noch zwei, Tiefenstein und St. Blasien, hinzugekauft. Hochofenbetrieb fand statt auf den Werken Albbruck, Hausen, Kandern, Oberweiler, Wehr und Ziezenhausen, selbstverständlich mit Holzkohle. Alle diese Werke hatten auch Frisch- und Kleinfeuer, mehrere auch Drahtzüge. Eine Privathütte lag bei Pforzheim. Neben der Landesherrschaft waren die Fürsten von Fürstenberg die Besitzer zahlreicher Eisenwerke, deren Mittelpunkt Donaueschingen war. Zwischen diesem und Neustadt lag die Hütte Hammereisenbach, und an der Donau die Amalienhütte. Im Ganzen waren vorhanden 10 Hochöfen, welche etwa 7500 Tonnen Roheisen lieferten. An Gufswaren wurden 2000 Tonnen hergestellt, und 80 Frischfeuer produzierten etwa 7500 Tonnen Grobeisen. Diese Hüttenwerke hatten sehr durch die sinkenden Eisenpreise, welche von 1837 bis 1842 von 40 Fl. auf 30 Fl. für 1000 Pfund fielen, zu leiden.

Aufser dem englischen Eisen suchte auch das rheinpreufsische und rheinbayerische seinen Markt in Baden. Die badische Regierung that das Möglichste für die technische Vervollkommnung ihrer Werke, und der Fürst von Fürstenberg verausgabte 1 200 000 Gulden zu diesem Zwecke. Aber die Krisis hielt an und 1844 mufste das fürstlich Fürstenbergische Werk Thiergarten seinen Betrieb einstellen. Den badischen Hütten half auch der Schutzzoll vom September 1844 nicht viel. Fremdes Eisen beherrschte nach wie vor den Markt. Auch die Folgen der Revolution von 1848/49 trafen Baden besonders hart.

Die Produktion der ärarischen Hütten war von 2718 Tonnen im Jahre 1835 auf 714 Tonnen im Jahre 1841 gesunken, sie hob sich dann wieder bis auf 4170 Tonnen im Jahre 1848. Hierzu kamen noch etwa 2000 Tonnen von den Fürstenbergischen Werken und dem Hochofen zu Pforzheim. Öchelhäuser giebt die Hochofenproduktion Badens für 1848 sogar auf 7026 Tonnen an.

In Württemberg lagen die Verhältnisse vielfach ähnlich wie in Baden, wie man ja auch hier die ähnlichen Erze aus der Juraformation mit Holzkohlen verschmolz. In Württemberg war aber nach der Landesverfassung die Roheisenerzeugung ein Reservat der Regierung und stand den Hüttenbesitzern nur das Recht zu, das Roheisen zu ver-

Digitized by Google

frischen und weiter zu verfeinern. Dieses Verhältnis war damals nicht zum Nachteile der Eisenindustrie, indem die württembergische Regierung mit Eifer bemüht war, Verbesserungen auf den ärarischen Werken einzuführen. Karsten schreibt 1841 in seiner Eisenhüttenkunde: „Man darf wohl sagen, dafs man in ganz Deutschland nirgends so eifrig bemüht gewesen ist, Fortschritte in der Technik der Metallurgie des Eisens so schnell und mit so günstigem Erfolge in Anwendung zu bringen, als in Württemberg."

Die königliche Eisenhütte zu Wasseralfingen war besonders durch ihre Gufswaren bekannt. In der Zeit zwischen 1811 und 1822 hatte man eine grofse Lehm- und Massenformerei dort eingerichtet. Der Leiter derselben, der geniale Faber du Faur, machte in den 30er Jahren eine Reihe wichtiger Erfindungen. Er verbesserte die Winderhitzung durch seinen vortrefflichen, als „Wasseralfinger" bekannten Apparat, dann gelang es ihm, die Gase des Hochofens besser abzufangen und zu verwerten, als dies früher geschehen war. Er führte den Gasbetrieb ein und vermochte durch eine bessere Verbrennung die Hochofengase sogar zum Weifsen und zum Puddeln des Roheisens zu verwenden. Hieran schloss sich dann 1844 der Betrieb mit Torfgasgeneratoren. Durch diese Verbesserungen zog das Hüttenwerk zu Wasseralfingen die Blicke der ganzen Welt auf sich und wurde bekannt im In- und Auslande.

Zu Königsbronn hatte man schon 1822 einen Flammofen erbaut, der damals für die Giefserei diente. Hier hatte man zuerst das Puddeln mit gedörrtem Torf eingeführt, ferner gofs man vortreffliche Hartwalzen. Das Blechwalzwerk zu Izelberg, $^1/_2$ Stunde von Königsbronn, war ebenfalls schon 1822 erbaut worden. Die württembergischen Eisenhütten zerfielen in die Schwarzwald-Werke, unter denen Friedrichsthal und Ludwigsthal, und Harras bei Tuttlingen, die bedeutendsten waren, und in die Kocher- und Brenzthaler Werke, zu denen Wasseralfingen und Königsbronn gehörten.

Württembergs Eisenindustrie litt ebenso wie die badische durch die zollfreie Einfuhr des billigen ausländischen Eisens, und nachdem das fremde Eisen einmal einen Markt in Württemberg erobert hatte, half auch der Tarif von 1844 nichts mehr.

1839 waren auf den würtembergischen Hütten 6 Hochöfen mit Giefsereivorrichtungen, 2 Kupolöfen, 2 Flammöfen, 24 Frischfeuer, 12 Kleineisenhämmer, 2 Rohstahlfeuer, 2 Rohstahlraffinierhämmer, 3 Walzwerke und eine Sensenfabrik. Es wurden erzeugt (nach Karsten) 2450 Tonnen Roheisen, 2400 Tonnen Gufswaren, 2450 Tonnen Stab-

Digitized by Google

und Kleineisen, und 50 Tonnen Schwarzblech. Diese Zahlen sind indes zu niedrig. Nach anderen Angaben betrug im Jahre 1834 bereits die Produktion von Roheisen 3170 Tonnen, und an Gufswaren erster Schmelzung 2314 Tonnen. 1836 kam hinzu die Erzeugung von Gufswaren zweiter Schmelzung. 1839/40 betrug die Erzeugung 4266 Tonnen Roheisen und 2730 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung, zusammen 6996 Tonnen, und 1849/50 wurden 5325 Tonnen Roheisen, 2345 Tonnen Gufswaren erster Schmelzung und 646 Tonnen Gufswaren zweiter Schmelzung dargestellt.

Auch in Bayern war der Staat an der Eisenindustrie des Landes selbst mit beteiligt. Es gab 1836 8 landesherrliche Hochofenhütten, 15 Frischfeuer mit Stabhämmern, 3 Streckhämmer, 7 Zainhämmer und 1 Blechwalzwerk, und der Staat war eifrig bemüht, auf denselben Verbesserungen und neue Erfindungen einzuführen. Im Ganzen zählte man in Bayern 44 Hochöfen, 28 Blaufeuer, 16 Zerrennfeuer, 141 Frischfeuer, 39 Zainhämmer und 4 Walzwerke. Karsten giebt die Produktion der Hoch- und Blauöfen mit 9000 Tonnen jedenfalls zu niedrig an, denn nach offiziellen Angaben betrug diese vor 1830 schon 12 560 Tonnen [1]).

Damals erzeugten:

37	Hochöfen	223 200	Ctr. (12 560 Tonnen.)
149	Stabhämmer	115 000	„
3	Streckhämmer	1 466	„
46	Zainhämmer	21 266	„
19	Drahthütten	4 000	„
1	Blechwalzwerk mit Schneidewerk .	720	„

Stahl wurden 4300 Ctr. produziert. Man zählte ferner 307 Nagelschmieden und 137 Waffenhämmer. Die bayerischen Werke litten unter der Konkurrenz des englischen und belgischen, des rheinischen, des steierischen und des böhmischen Eisens. Die 1830 begründete Maschinenfabrik zu Zell bezog englisches Roheisen. Das bayerische Eisen war teilweise mit Rot- und Kaltbruch behaftet. Diesem half das Frischverfahren von Schafhäutl und Böhm ab, welches deshalb auf vielen bayerischen Hütten Eingang fand. Sehr früh, ja wohl am ersten in Deutschland (1830), wurde Neilsons Erfindung der Winderhitzung auf bayerischen Hütten eingeführt. Zu Bergen ersparte man dadurch $^1/_3$ an Kohlen. Berühmt waren um diese Zeit die Eisengufswaren der königlichen Hütte zu Bergen, namentlich der

[1]) Siehe Mischler I., 380.

Digitized by Google

Hohlgufs. Im Kunstgufs zeichnete sich das königliche Werk zu Bodenwöhr aus. Weyerhammer und Sonthofen reihten sich würdig an. In München wurde die Maschinenfabrik von Maffei gegründet. In Nürnberg und Umgebung wurden viele Kurzwaren und Nadeln gemacht, in Regensburg Schiefsgewehre. Die Handelskrisis im Eisengeschäfte von 1840 bis 1842 übte auch in Bayern ihre schädigende Wirkung aus. Nach derselben, um 1843, stieg die Roheisenproduktion auf 300 000 Ctr.

Bedeutende Vergröfserungen erfuhren anfangs der 30er Jahre die Werke der Rheinpfalz. Herr von Gienanth gab den Eisenwerken von Eisenberg, Hochstein und Tripstadt eine grofse Ausdehnung, führte Steinkohlenbetrieb ein, und beschäftigte durch seine Hochöfen, Puddel-, Walz- und Schneidewerke viele Menschen. 1840 produzierte die Pfalz nach Nebenius 75 000 Ctr. Roheisen, einschliefslich 15 000 Ctr. Gufswaren, 5 Puddlingsöfen lieferten 20 000 Ctr. Grobeisen und 30 000 Ctr. Kleineisen, aufserdem wurden 50 000 Ctr. Frischeisen hergestellt. 1848 wurden von sechs landesherrlichen Werken mit 5 Hochöfen und 1 Blauofen 53 252 Ctr., und von 70 gewerkschaftlichen Werken mit 55 Hochöfen 150 892 Ctr. Roheisen produziert, aufserdem lieferte aber das Bergamt St. Ingbert 2071,5 Tonnen, darunter 816,06 Tonnen Gufswaren. Die Hütte zu St. Ingbert zählte um 1850 2 Hochöfen, 10 Puddelöfen und 4 Frischfeuer. Gufswaren zweiter Schmelzung lieferte Bayern 650 Tonnen mit 9 Kupol- und 2 Flammöfen, St. Ingbert mit 3 Kupol- und 2 Flammöfen 231 Tonnen. Auf 30 Werken mit 38 Puddlings- und 17 Schweifsöfen, 174 Frisch- und Streckfeuern wurden 8630 Tonnen Grob- und 3450 Tonnen Stab- und Walzeisen gewonnen. In der Rheinpfalz lieferten 23 Puddlingsöfen und 9 Frischfeuer 1454 Tonnen Stabeisen, ferner das Blechwalzwerk zu St. Ingbert mit 2 Hämmern 311,5 Tonnen Eisenblech. 2 landesherrliche Blechwalzwerke zu Fichtelberg lieferten 327 Tonnen Blech. Eisendraht lieferten vier Werke mit 4 Drahtwalzen im Bergamt Fichtelberg 167,5 Tonnen, und ein Werk zu St. Ingbert mit 1 Drahtwalzwerk und 1 Drahtzug 118,6 Tonnen, aufserdem noch 4200 kg Ketten und 2500 kg Stifte.

In der Rheinpfalz war der Steinkohlenbetrieb Ende der 40er Jahre vollständig zur Herrschaft gelangt. In den östlichen Provinzen herrschte der Holz- und Holzkohlenbetrieb. Zu Bergen hatte man 3 Puddelöfen mit Holz- und Pultfeuerung. Die Gase des Hochofens wurden abgeleitet und zur Winderhitzung, sowie zur Heizung eines Glühofens benutzt. Zu Hammerau befand sich ein Puddelofen, bei dem die Pultfeuerung zuerst erfunden worden war. Hier heizte man mit

Digitized by Google

der Überhitze von 2 Frischfeuern einen Glühofen. Ferner betrieb man einen Gasschweifsofen. Zu Achthal gofs man Hartwalzen. Zu Bodenwöhr, Weyerhammer und Frohnberg in der Oberpfalz wurde der Puddelprozefs mit Torf betrieben.

Übersicht der Produktion in Bayern von 1848:

1. Roheisen in Gänzen und Masseln 241 135 Ctr. (12 057 Tonnen)
2. Gufswaren aus Erzen . . . . . 44 580 „
3. Gufswaren aus Roheisen . . . 13 442 „
4. Stab- und Walzeisen . . . . . 234 174 „
5. Eisenblech . . . . . 12 147 „
6. Eisendraht . . . . . 5 277 „

Die Hochofenproduktion von 1850 wurde auf 350 000 Ctr. geschätzt.

Nachfolgende Tabelle giebt einen Überblick über den Anteil der einzelnen Staaten an der Roh- und Stabeisenfabrikation des deutschen Zollvereins in den Jahren 1834, 1842 und 1847 in Tonnen.

Staaten	Roheisen			Stabeisen		
	1834 Tonnen	1842 Tonnen	1847 Tonnen	1834 Tonnen	1842 Tonnen	1847 Tonnen
Preufsen	75 350	98 106	134 016	47 500	77 073	154 052
Bayern	12 500	15 000	20 000	9 000	12 500	15 000
Sachsen	4 000	5 867	6 553	2 000	2 302	2 203
Württemberg	5 000	6 814	7 701	2 500	3 000	3 750
Baden	3 997	4 368	6 741	3 259	4 212	5 022
Grofsherzogtum Hessen .	4 000	5 750	7 674	2 500	3 500	4 000
Kurfürstentum Hessen .	2 990	4 024	4 571	1 423	1 680	2 149
Braunschweig	3 000	3 003	3 763	1 500	1 384	1 633
Nassau	13 436	14 314	17 359	1 260	2 390	2 858
Luxemburg	4 000	5 836	12 172	1 500	2 303	3 500
Thüringische Staaten . .	3 000	3 400	4 035	2 000	2 000	2 250
Sonstige kleine Staaten .	3 265	4 015	4 575	2 250	3 000	3 750
	134 538	170 497	229 160	76 728	115 344	200 167

Produktion von Gufswaren, Blech, Draht und Stahl im Zollverein 1834 und 1850:

	1834 Tonnen	1850 Tonnen
Gufswaren aus Erzen . .	30 000	33 178
Gufswaren aus Roheisen .	7 500	35 829
Blech	8 250	14 917
Draht	2 850	10 342
Rohstahl	5 950	6 291
Gufsstahl	30	882
Raffinierstahl	2 800	4 188

Digitized by Google

Von grofser Bedeutung ist die nachfolgende Übersicht über die Eiseneinfuhr in den Zollverein von 1834 bis 1850, welche die aufserordentliche Steigerung infolge des vermehrten Bedarfes durch den Bau von Eisenbahnen, die 1843/44 ihren Höhepunkt erreichte, erkennen läfst.

Einfuhr.

Jahr	Roheisen, altes Bruch-eisen etc. Tonnen	Stabeisen, Schienen und Stahl Tonnen	Klein- und Façoneisen, Blech, Draht etc. Tonnen	Grobe Gufswaren Tonnen	Grobe Eisen- und Stahlwaren Tonnen	Feine Eisen- und Stahlwaren Tonnen
1834	10 360	7 475	831	1306	533	94
1835	10 585	9 768	1066	750	584	92
1836	4 794	8 687	1040	1513	761	102
1837	7 691	7 813	1479	1418	947	114
1838	13 853	18 861	1563	2170	1394	115
1839	15 073	17 014	1933	1612	1661	116
1840	36 766	21 854	2356	2135	1747	143
1841	49 319	27 705	2476	1501	1419	145
1842	59 796	46 680	2670	1429	1525	169
1843	132 928	49 202	3755	1986	1635	197
1844	70 847	75 394	3010	1907	1657	183
1845	21 372	49 132	4309	2539	2067	191
1846	78 886	51 254	5015	2190	2108	186
1847	114 935	52 241	7441	2184	2160	193
1848	71 245	31 986	3440	2053	1153	397
1849	41 492	8 102	1837	1133	896	313
1850	110 886	9 889	4098	1649	1100	244

Die Eisenausfuhr, die viel geringer war, schwankte in weit engeren Grenzen. Aus nachfolgender Tabelle ersieht man die Summen der Eisenaus- und -Einfuhr, auf Roheisen berechnet, und den Gesamtverbrauch in den Jahren von 1834 bis 1850.

Verbrauch des Zollvereins an Roheisen für den inneren Bedarf 1834 bis 1850, in Tonnen:

Jahr	Roheisenerzeugung	Einfuhr	Ausfuhr	Roheisenverbrauch
1834 . . .	110 105	24 697	13 763	121 039
1835 . . .	115 461	27 750	14 976	128 235
1836 . . .	149 066	21 746	17 359	153 453
1837 . . .	155 601	24 183	18 463	161 321
1838 . . .	152 603	47 597	16 366	183 834
1839 . . .	167 357	46 344	18 813	194 888
1840 . . .	172 983	76 294	19 717	229 560

Digitized by Google

Jahr	In Tonnen			
	Roheisenerzeugung	Einfuhr	Ausfuhr	Roheisenverbrauch
1841 . . .	170 658	95 861	20 884	395 635
1842 . . .	170 495	133 257	18 234	285 518
1843 . . .	174 188	**212 483**	17 604	369 067
1844 . . .	171 145	186 560	17 826	339 879
1845 . . .	184 813	102 904	18 893	268 824
1846 . . .	198 861	165 339	**28 159**	336 041
1847 . . .	**229 161**	204 843	19 910	**414 094**
1848 . . .	213 238	110 290	14 678	323 850
1849 . . .	197 698	58 689	16 582	239 805
1850 . . .	211 639	134 658	21 466	324 831

Werfen wir zum Schlufs noch einen Blick auf Luxemburg. Dieses war 1842 dem deutschen Zollvereine beigetreten, hauptsächlich um für sein wichtiges Erzeugnis, Roheisen, einen Markt in Deutschland zu finden. Frankreich war ihm durch den hohen Schutzzoll, der 40 Proz. des Wertes betrug, verschlossen. Belgien produzierte viel billiger und war selbst auf den Export angewiesen. Luxemburg erzeugte 15 mal so viel Eisen, als es verbrauchte. Den erhofften Markt im Zollvereinsgebiete konnte die schwer bedrängte Eisenindustrie Luxemburgs aber nur dann finden, wenn ein Schutzzoll eingeführt wurde, der ihm den Wettbewerb mit dem englischen und belgischen Eisen ermöglichte. In diesem Sinne beantragte die Luxemburgische Ständeversammlung im Jahre 1842 bei Preufsen die sofortige Einführung eines Schutzzolles, ohne den ihre Eisenindustrie erliegen müsste. In dieser Eingabe ist darauf hingewiesen, dafs Luxemburg mit Hülfe der Saarkohle zehnmal mehr Eisen produzieren könnte, wenn ihm dieser Schutz gewährt würde.

Um 1850 erzeugte Luxemburg in 11 Hochöfen 7500 Tonnen Roheisen.

Österreich 1831 bis 1850.

Die alte und ausgedehnte Eisenindustrie des österreichischen Kaiserstaates beruhte fast allein auf der Verwendung von Holz als Brennmaterial. Die meisten Verbesserungen waren darauf gerichtet, diesen Betrieb zu vervollkommnen. 1834 war aber zu Prevali in Kärnten von August v. Rosthorn ein Puddel- und Walzwerk gebaut worden, welches auf der Benutzung der dortigen Braunkohle (Liaskohle) begründet war und sich in gedeihlichster Weise entwickelte. Einen

Digitized by Google

bedeutenden Aufschwung nahm die österreichische Eisenindustrie durch die Erbauung von Eisenbahnen. Infolge derselben vermehrte sich die Zahl der Puddelöfen und der Walzwerke. Wie rasch die Produktion zunahm, zeigen folgende Zahlen[1]):

1830	1,6	Millionen	Wiener	Centner[2])
1835	2,0	„	„	„
1840	2,4	„	„	„
1843	2,7	„	„	„
1847	3,6	„	„	„
1850	3,9	„	„	„

Man teilt die österreichische Monarchie bezüglich ihrer Eisenindustrie am besten in drei Gruppen: 1. die Gruppe der Alpenländer (Steiermark, Kärnten, Krain, Tirol, Ober- und Niederösterreich); 2. die Gruppe der Sudetenländer (Böhmen, Mähren und Schlesien); 3. die Gruppe der Karpathenländer (Ungarn, Siebenbürgen und Galizien). Hiervon lieferten damals die Alpenländer 50 Proz., die Sudeten und die Karpathenländer je 25 Proz. der Gesamterzeugung.

Steiermark, welches die erste Stelle unter den Eisen erzeugenden Ländern Österreichs einnahm, erzeugte

1830	495503	Ctr.
1835	609286	„
1840	674089	„
1843	709556	„
1845	787803	„
1847	845072	„

Dies war durch die Verbesserung der Betriebseinrichtungen, Einführung der Winderhitzung u. s. w. erreicht worden. Die erste Anwendung der Hochofengase geschah 1839 in der Weise, dafs man die in der Gegend des Kohlensackes abgefangenen Gase wieder in die Form zurückführte. Einen Erfolg erzielte man damit nicht; wohl aber gelang es im folgenden Jahre zu Mariazell, die Hochofengase zum Puddeln zu benutzen; desgleichen machte man 1840 zu Neuberg, wo 1836 ein Puddlingswerk errichtet worden war, ähnliche Versuche.

Die gröfste Eisenerzeugung hatte die Vordernberger Radmeister-Kommunität, die sich 1829 bis 1833 hauptsächlich auf Betreiben des um die steierische Eisenindustrie hochverdienten Erzherzogs Johann

---

[1]) S. Mischler a. a. O. Bd. I, 551.

[2]) Wiener Centner = 56 kg.

Digitized by Google

gebildet hatte [1]), und die 1845 mit 14 Hochöfen 283 000 Ctr. Eisen schmolz; dieser folgte die Innerberger Gewerkschaft mit 222 000 Ctr., dann kam die fürstlich Schwarzenbergische Hütte Turrach, welche mit einem Hochofen 48 000 Ctr. Roheisen erzeugte. Im Ganzen zählte man 34 Hochöfen. Die Vordernberger Radmeister-Kommunität hatte in den Jahren vor 1845 mehr als 1 Million Mark für Betriebsverbesserungen aufgewendet. Man ging dazu über, die alten 18 bis 24 Fuſs hohen Öfen umzubauen und zu vergröſsern. Dies geschah zuerst am Radwerke Nr. 7. Die Winderhitzung wurde am frühesten bei den älteren hauptgewerkschaftlichen Öfen zu Hieflau und dann bei dem Kommunitäts-Radwerke zu Vordernberg eingeführt. Der Hochofen zu Hieflau wurde von 1840 bis 1845 unausgesetzt betrieben und war dies die längste bis dahin in Österreich bekannte Hüttenreise mit heiſsem Winde [2]). Es folgte das Radwerk Nr. 9 der Katharina v. Rebenberg. Man erzielte durch die Winderhitzung eine Kohlenersparnis von 15 bis 18 Proz. Das Radwerk Nr. 7 führte auch zuerst die Erzröstung mit Steinkohlen und das Radwerk Nr. 9 Rumfordsche Schachtrostöfen mit einem Rost ein. Vortrefflich waren die Einrichtungen auf dem gröſsten der Waldeisenwerke zu Turrach, dessen Produktion durch die eingeführten Verbesserungen von 10 000 auf 48 000 Ctr. gestiegen war. Hier erzeugte man zuerst in Innerösterreich mit heiſsem Winde weiſses Roheisen und benutzte seit 1843 die Hochofengase nach Faber du Faurs Erfindung, für deren Benutzung Fürst Schwarzenberg eine beträchtliche Summe — 3000 Gulden C.-M. — bezahlt hatte. Man erhitzte den Wind auf 200 bis 250° R., blies bei 18 bis 20 Zoll Wassersäule und verbrauchte auf 100 Roheisen 100 bis 103 Kohlen. Die Gase wurden 9 Fuſs 5 Zoll unter der Gichtmündung abgefangen. Auch auf dem Hochofen zu Lietzen im Ennsthal, dem Ritter v. Fridan gehörig, wendete man abwechselnd erhitzten Wind an. Mit heiſsem Winde erhielt man dunkelgraues Gieſsereieisen, mit kaltem weiſses Frischereiroheisen. Mit der Einführung des heiſsen Windes ging man dazu über, die unverwitterten Erze vollständiger zu rösten. Auch erhöhte man die Hochöfen allmählich von 10 bis auf 13 m. Das grofse Hüttenwerk zu Mariazell arbeitete mit 3 Hochöfen auf graues Roheisen, welches grofsenteils zu Guſswaren verwendet wurde. Dieses waren die einzigen Hochöfen mit offener Brust in Steiermark. Seit 1840 wandelte man sie, nach Einführung der Winderhitzung, ebenfalls

[1]) Siehe Göth, Vordernberg in der neuesten Zeit. Wien 1839. Hier findet man auch genaue Angaben über die Eisenerzeugung der Vordernberger Hütten von 1786 bis 1835. — [2]) Siehe Berg- u. hüttenmännische Ztg. 1845, S. 601.

Digitized by Google

in Öfen mit geschlossener Brust um, wodurch eine wesentliche Vermehrung der Produktion bewirkt wurde. Die Jahresproduktion betrug um 1843 20000 Ctr. Gufswaren aus den Hochöfen, 6000 Ctr. aus den Kupol- und 4000 Ctr. aus den Flammöfen, im Ganzen also 30000 Ctr.

Zu Mariazell wurden die ersten Versuche des Flammofenfrischens mit Hochofengasen nach Faber du Faurs Erfindung gemacht. Das andere Gufswerk Steiermarks war St. Stephan. Hier wurden die ersten Gaspuddelöfen mit Steinkohlenklein betrieben [1]).

Für die Verbesserung der Eisenindustrie war die Gründung der Eisenhütte zu Neuberg durch Bergrat Hampe und den Fürsten Lobkowitz 1838, als ein kaiserliches Musterwerk und eine Schule für die Eisenwerksbesitzer, von hoher Bedeutung. Auf dem Hochofen daselbst wurde abwechselnd weifses und graues Roheisen erblasen. Die gröfsten Verdienste erwarb sich die Verwaltung von Neuberg um die Schmiedeeisenbereitung. Hier wurde zuerst in Steiermark der Puddelbetrieb eingeführt und zuerst Eisenbahnschienen gewalzt. Das Puddelwerk umfafste 1846 2 einfache und 2 doppelte Puddelöfen, Flammschweifsöfen und 1 Streckwalzwerk. Das Railswalzwerk lag in Lonau und hatte 3 Schweifsfeuer und 2 Glühöfen. Hier wurden die ersten breitfüfsigen Schienen nach englischer Weise hergestellt. Als Walzwerk für Kesselblecherzeugung war es ebenfalls das erste der Monarchie. Zu Neuberg schmiedete man auch damals das Eisen zu der Turmspitze des Stephansturmes zu Wien.

Ein grofser Fortschritt auf den steierischen Frischhütten war die seit 1844 durch v. Scheuchenstuel eingeführte Gasfeuerung. Die ersten gelungenen Versuche im Grofsen waren auf dem v. Fridanschen Walzwerk zu Walchen bei Mautern ausgeführt worden.

1845 waren in Steiermark 312 Hämmer-, 2 Grob-, 12 Streck-, 25 Blechwalzwerke, 261 Zerrennfeuer-, 158 Streck- und 18 Blechfeuer-, 15 Puddel-, 10 Schweifs-, 29 Glüh- und 2 Gufsstahlöfen im Betriebe. Für 1843 zeigt folgende amtliche Zusammenstellung die Art der Verarbeitung des Eisens. Es wurden erzeugt:

Schwarzblech	51604 Ctr.
Gewalztes Eisen	45947 „
Streckeisen	140140 „
Grobeisen	145617 „
Gufsstahl	16763 „
Rohstahl	78110 „
Zusammen	478554 Ctr.

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch 1842.

Digitized by Google

Das meiste Puddeleisen wurde mit Holz dargestellt. In den Schwarzenbergischen Frischhütten bei Murau hatte man die Rohstahlerzeugung nach Kärtner Art eingeführt, mit den Verbesserungen, daſs das Hartzerrennen nach Art der englischen Feineisenfeuer geschah und Vorglühherde benutzt wurden. Das Roheisen von Turrach lieferte besonders das Material für den berühmten Tannenbaumstahl. Bedeutend waren auch die Seſslerschen Hammerwerke zu Krieglach, wo sich auch das zweite Schienenwalzwerk in Steiermark befand, und die v. Thinnfeldschen Hammerhütten zu Feistritz.

Das Walzwerk des Franz Mayr zu Leoben war das erste in Steiermark, welches ausschlieſslich mit Braunkohlen betrieben wurde. Dieses Werk war auch das erste, in dem ein einzelner Hammergewerke mit beschränkten Kräften den Flamm-, Frisch- und Schweiſsprozeſs in Verbindung mit Walzwerksbetrieb unternommen und erfolgreich durchgeführt hatte. Auſserdem hat Franz Mayr hier für Versuche der Stahlerzeugung im Flammofen und des Guſsstahlschmelzens viele Opfer gebracht. Auf diesem Werke wurden jährlich an 5000 Ctr. Gärbstahl ausgewalzt. Peter Tunners geistiger Einfluſs durch seinen erfahrenen Rat hatte sich bei vielen dieser Neuerungen und Verbesserungen bemerkbar gemacht.

Gärbstahl lieferten auch die hauptgewerkschaftlichen Hämmer. 1845 wurden 85522 Ctr. Roh- und Gärbstahl in Steiermark erzeugt. 1845 waren für Sensen-, Sicheln- und Pfannenerzeugung 146 Hämmer, 182 Feuer und 30 Glühöfen beschäftigt, die 2967 Ctr. Eisen und 31180 Ctr. Stahl verarbeiteten. Es wurden 1598305 Stück Sensen und 280840 Stück Sicheln fabriziert.

Die Roheisenproduktion Kärntens, welche sich 1842 auf 416585 Ctr. belief, hatte sich in 5 Jahren verdoppelt, und zwar nur durch verbesserten Betrieb. Es ist dies ein laut redendes Zeugnis für die Rührigkeit und Intelligenz der kärntnischen Eisenwerke. Die Erweiterung und Erhöhung der Hochofenschächte, die Einführung stärkerer Gebläse und der Winderhitzung erhöhten die Produktion und verminderten den Kohlenverbrauch, der zu Lölling für 100 Pfd. Roheisen auf 60 bis 65 Pfd. Nadelholzkohle sank; der geringste bis dahin bekannte Brennstoffaufwand. Die gröſsten Hochofenwerke Kärntens waren die Hüttenwerke:

	Zahl der Hochöfen		Erzeugung 1831 Ctr.	1841 Ctr.	1847 Ctr.	1850 Ctr.
Lölling	2		28403	111538	196135	134005
Heft und Mosinz . . .	2	an	60000	70328	104000	103000
Treibach	2		55721	65952	87598	128437

Digitized by Google

Der grofse Ofen der gräflich v. Eggerschen Eisenhütte zu Treibach konnte schon 1841 allein an 50000 Ctr. Roheisen im Jahre liefern. Alle diese Öfen waren, wie in den Alpenländern allgemein, Flossenöfen. Im ganzen zählte man in Kärnten deren 17. 1843 wurden 413662 Ctr. Roheisen in Schmiedeeisen und Stahl verwandelt und daraus folgende Sorten gewonnen: 1. Schwarzblech 7864 Ctr., 2. gewalztes Eisen 90833 Ctr., 3. Streckeisen 81110 Ctr., 4. Grobeisen 64465 Ctr., 5. Gufsstahl 662 Ctr., 6. Kistenstahl 31842 Ctr., 7. Rohstahl 16138 Ctr. Eugen v. Dickmann zu Lölling hatte besonders dazu beigetragen, die Eisensteinabfuhr von den Eisenwurzen, d. h. vom Erzberg bei Hüttenberg, und die Waldwirtschaft zu verbessern. Zu Lölling wendete man (1841) auch erhitzten Wind an, während man zu Treibach mit kalter Luft blies.

Die gröfsten Fortschritte waren in der Stabeisenbereitung gemacht worden, namentlich hatte der Puddelprozefs bereits gröfsere Verbreitung gewonnen als in Steiermark, auch hatte man mit grofsem Erfolge den Gasbetrieb eingeführt. Gegen Ende der 40er Jahre war schon die Hälfte des erzeugten Stabeisens gepuddeltes Eisen. Die Anregung hierzu hatte der hochverdiente August Edler v. Rosthorn gegeben, welcher mit einer gröfseren Gesellschaft die beiden grofsen Puddel- und Walzwerke zu Prevali und Frantschach gegründet hatte. Das Besitztum dieser „Wolfsberger Eisenwerksgesellschaft“ ging 1847 an den Grafen Hugo v. Donnersmark auf Schimienowitz über. Zu Prevali verwendete man die Braunkohle als Brennstoff für die Puddelöfen, und unterstützte die Verbrennung durch Zuleitung von heifsem Wind über der Feuerbrücke, wodurch man $^1/_3$ ersparte. In Kärnten waren die Hochofenwerke und die Frischhütten meist getrennt.

Unter den 79 Hammerwerken in Kärnten nennen wir besonders noch die Frischhütten der Wolfsberger Eisenwerksgesellschaft zu Kollnitz, welche ebenfalls bereits 1838 ein Schienenwalzwerk errichteten, die gräflich Thurnschen Werke zu Schwarzenbach, Müfs und das Stahlhammerwerk zu Streitleben, das Hammerwerk zu Oberfellbach und das Stahlhammerwerk zu Freibach.

Auf dem Hammerwerke zu Buchscheiden benutzte man die Überhitze der Frischfeuer zum Puddeln, da aber die Überhitze nicht ausreichte, so hatte man in sinnreicher Weise noch einen Gasgenerator mit Kohlenlöschebenutzung damit in Verbindung gebracht. Auf diesem Werke wurde auch zuerst in Kärnten mit Torf gepuddelt.

1846 besafs Kärnten 6 Walzwerke: Prevali, Frantschach, Lippitzbach, Gmünd, Gössering und Feistritz, davon waren die 3 ersten auch Puddelwerke.

Digitized by Google

Prevali, um diese Zeit Eigentum der Gebrüder Rosthorn und des Ritter v. Dickmann, war nach Witkowitz in Mähren das gröfste Puddelwalzwerk der Monarchie. Es war das erste Werk in Österreich, welches Schienen gewalzt hat (1838) und seine Bedeutung geht daraus hervor, dafs es im Jahre 1845 für 90000 Ctr. Schienen, Bandagen und Achsen zu liefern übernommen hatte. 1847 erzeugte es 100000 Ctr. Schienen. Es besafs 9 doppelte Puddelöfen und 7 Schweifsöfen. Ende der 40er Jahre war man mit der Einrichtung von mit Kohlenklein gespeisten Gasschweifsöfen beschäftigt. Für die Gasöfen wurden vier Gebläse mit oscillierenden Cylindern (Wackler) aufgestellt.

Frantschach, welches ebenfalls der „Wolfsberger Eisenwerksgesellschaft" gehörte, war 1829 als Puddel- und Walzwerk erbaut worden. Dieses Werk walzte ebenfalls Schienen und zuerst in Österreich die schwierigen Vignolschienen für die Wien-Gloggnitzer Bahn. Vorzüglich waren seine Platten und Bleche. In der Anwendung des Holzes zum Puddeln und Schweifsen war dieses Werk das erste und besteingerichtete des Kaiserstaates; doch war es gegen Ende der Periode zur teilweisen Verwendung mineralischen Brennstoffs übergegangen. Seine Produktion betrug 40000 Ctr. Zu Frantschach hatte man zuerst den Doublierschweifsofen mit Oberwind eingeführt.

Lippitzbach, das älteste Walzwerk Österreichs, leistete namentlich als Feinwalzwerk Hervorragendes. Auch hier hatte man 1843 den Puddelbetrieb eingeführt und war zur Verwendung der Braunkohle als Heizmaterial übergegangen, aber dann wieder zu gedörrtem Holz zurückgekehrt.

Feistritz war das gröfste Drahtwerk Österreichs, welches seit 1839 Walzdraht lieferte. Durch Aufnahme des Flammofenfrischens und eine vorteilhafte Verbindung derselben mit dem Hammer-, Schweifs- und Walzprozefs hatte es seine Erzeugung an Frischeisen so vermehrt, dafs es seinen Bedarf deckte. Die Stahlbereitung durch die übliche Brescianarbeit war 1845 auf 50000 Ctr. gestiegen.

Die Eisenindustrie in Krain nahm in dieser Periode eine ähnliche Entwickelung wie die in Kärnthen. Man zählte 6 Hochöfen und 6 Stucköfen im Lande. 1842 waren 63212 Ctr. Roheisen und Gufswaren, 1845 80000 Ctr. erzeugt worden. 1843 wurden 71433 Ctr. Roheisen verarbeitet, 3392 Ctr. mehr als die ganze heimische Produktion betragen hatte. Es fielen daraus 31533 Ctr. Streckeisen, 20947 Kistenstahl und 2976 Ctr. Rohstahl. Die Hauptwerke waren die freiherrlich v. Zoisschen Hütten und Hämmer zu Jauerburg, Feistritz und Wochein.

Digitized by Google

Dieselben hatten viele neue Verbesserungen eingeführt, wie Winderhitzung, Schachtröstöfen, kontinuierliche Hartzerrennfeuer u. s. w. Sie lieferten vorzüglichen Brescianstahl. Die fürstlich Auerspergsche Hütte bei Hof mit 2 Hochöfen und einem Kupolofen war eins der wenigen Gieſsereiwerke im südlichen Österreich.

In Tirol zählte man 4 Hochöfen, davon gehörten 3, die zu Pillersee, Kiefer und Jennbach, dem Staate, 1, der zu Primör, war gewerkschaftlich. 1842 betrug die Roheisenproduktion 58750 Ctr., die Guſswarenproduktion 11706 Ctr. 1844 erreichte die Gesamtproduktion 75000 Ctr., darunter 17000 Ctr. Guſswaren. Die Hammerwerke waren auch meistens herrschaftlich. Der Hochofen zu Pillersee war einer der ersten in Österreich, bei dem die erhitzte Gebläseluft eingeführt wurde, wodurch über $^1/_4$ an Brennmaterial erspart wurde. Die dort gebräuchliche Rohstahlfrischerei bezeichnete man als Tiroler Frischmethode.

Mit dem Hochofen zu Jennbach war ein Stahlwerk verbunden, welches 1844 1200 Ctr. Cementstahl und 100 Ctr. Guſsstahl erzeugte. Der aus Pillerseer Rohstahl erzeugte Gärbstahl hatte guten Absatz nach Frankreich und der Schweiz, wo er zu Uhrfedern und dergleichen verarbeitet wurde. Der Hochofenbetrieb zu Jennbach zeichnete sich aus; auch war hier die einzige groſse Eisengieſserei und Maschinenfabrik. 1844 lieferte der Hochofen 25000 Ctr. Eisen, darunter 6219 Ctr. Guſswaren. Das Hüttenwerk Kiefer bei Kufstein besaſs einen Gaspuddelofen. Überhaupt hatte sich dieses Werk durch zeitgemäſse Verbesserungen, Winderhitzung, Hochofengasbenutzung, geschlossene Frischherde u. s. w. sehr gehoben. Auch zu Kessen hatte man geschlossene Frischfeuer mit Lufterhitzungapparaten und Glühherden für das Materialeisen des Walzwerkes eingerichtet.

In Ober- und Niederösterreich und in Salzburg gab es 1846 6 Hochöfen, die 80000 bis 90000 Ctr. Roheisen und Guſswaren lieferten. Auch bei diesen hatte man Winderhitzung und Gichtgasbenutzung eingeführt. Der ärarische Hochofen von Reichenau wurde 1843 für Guſswarenerzeugung bestimmt. — Das Hammerwesen in Ober- und Niederösterreich kam an Bedeutung dem steierischen gleich, indem hier ein groſser Teil des steierischen Roheisens von Eisenerz und Vordernberg verarbeitet wurde. Die Innerberger Hauptgewerkschaft allein hatte in Österreich mehr als 50 Hammerwerke. Von diesen waren die wichtigsten die Stahlhämmer zu Weyer im Traunkreise. Der jährliche Verschleiſs an Roh- und Gärbstahl betrug über 20000 Ctr. Die Stabeisenerzeugung in Österreich ob und unter der Enns betrug um

Digitized by Google

150000 Ctr. Die gröfsten Gewerke waren Andreas Töpper und Joh. Georg Schirhagl, dann die ärarischen Werke von Flachau und Ebenau im Salzburgischen. Flachau war mit allen neuen Verbesserungen ausgestattet. Andreas Töpper, Inhaber der Eisen-, Stahl-, Walzblech- und Maschinennägelfabrik zu Neubruck bei Scheibs, der auf 3 Hammerwerken mit 8 Frischfeuern mittels der Schwallarbeit jährlich über 20000 Ctr. Stabeisen darstellte, war einer der ersten, der die Überhitze geschlossener Frischfeuer benutzte und mit dem besten Erfolge im grofsen schon 1839 in Anwendung brachte. Er stellte seine Einrichtung zu jedermanns Einsicht frei, wodurch er der österreichischen Herdfrischerei sehr nützte. Töpper hatte auch nebst Österleins Erben zu Lilienfeld das gröfste Walzwerk in dem Erzherzogtume. Ein vorzügliches Feineisen- und Drahtwalzwerk war das von Anton Fischer zu St. Ägydi. Das Werk besafs auch Blechwalzen, Gärbhämmer, Feilenhauerei und Waffenschmiede. Die grofsen Fortschritte dieses trefflichen Werkes fanden 1839 statt. In den feinsten Walz- und Zugdrahtsorten nahm die Eisen-, Walz- und Drahtfabrik von Carl Schedl zu Klein-Zell bei Lilienfeld den ersten Rang ein. Oberösterreich war der Hauptsitz der Kleineisenwarenfabrikation.

Die Lombardei bildete zwar bis 1859 noch einen Teil der österreichischen Monarchie doch wollen wir ihre Eisenindustrie bei Italien aufführen.

Von den Sudetenländern hatte Böhmen[1]) die gröfste und mannigfaltigste Eisenindustrie. Man zählte 1846 48 Hütten mit 51 Hochöfen, 12 Kupolöfen, 278 Frisch- und Streckfeuern, 252 Hammerschlagwerken, 4 Puddelwerken mit 14 Puddelöfen, 8 Walzenstrafsen und 8 Schweifsöfen, 10 Blech- und Streckwalzwerke mit 24 Walzenstrafsen und 22 Schweifs- und Glühöfen, sowie 17 mechanische Werkstätten. Ende der 30er Jahre hatte man mit Erfolg angefangen, sich eines Zusatzes von unverkohltem Holz zu bedienen.

Auch die böhmische Eisenindustrie nahm in den 40er Jahren einen grofsen Aufschwung, wie folgende Zahlen beweisen. Produktion von

1842	. . . . .	398192 Ctr.
1843	. . . . .	405162 „
1844	. . . . .	506162 „
1845	. . . . .	483469 „
1846	. . . . .	495284 „
1847	. . . . .	506261 „

[1]) Siehe Geschichte, Statistik und Betrieb der Eisenerzeugung in Böhmen von Prof. Balling. Prag 1850.

Digitized by Google

Von den 495284 Ctr. von 1846 waren 181220 Ctr. Gufswaren.

Die böhmischen Eisenwerke bedienten sich noch alle der Holzkohlen, nur das Ranskoer Werk im Czaslauer Kreise benutzte naturgetrockneten Torf[1]). Die Staatsverwaltung hatte die Anregung zu Schürfarbeiten auf Schwarzkohlen, namentlich im Rakonitzer Kreise, gegeben. 1838 wurde mit der Verkokung der Steinkohle von Kladno bei Rappitz begonnen. Versuchsweise hatte allerdings Graf Kaspar Sternberg bereits 1828 einen Hochofen zu Darowa bei Radnitz mit Koks betrieben (S. 367).

Die Schmiedeeisenerzeugung Böhmens betrug etwa 218400 Ctr., wovon kaum 40000 Ctr. der Flammofenfrischerei angehörten. Von diesem Schmiedeeisen wurden etwa 17500 Ctr. zu Schwarz- und Weifsblech verarbeitet. Die Eisenindustrie Böhmens beschäftigte an 22000 Arbeiter.

Die grofsartigsten Anlagen waren die fürstlich Dietrichsteinschen Werke zu Ransko und Pelles im Czaslauer Kreise, die sich durch Verbesserungen auszeichneten, wodurch die Produktion des Werkes 1845 auf 72000 Ctr. gesteigert worden war. Hier setzte man 20 bis 52 Volum-Prozente Torf den Holzkohlen im Hochofen zu, ohne dafs die Güte des Eisens dadurch beeinträchtigt wurde. Die Werke hatten 3 Hochöfen, 9 Frisch- und 2 Streckfeuer.

Die fürstlich Fürstenbergischen Eisenhütten zu Althütten, Neuhütten, Rostock und Joachimsthal auf der Herrschaft Pürglitz im Rakonitzer Kreise, welche eine Produktion von 60000 Ctr. Roheisen hatten, zeichneten sich ebenfalls durch technische Verbesserungen aus. Vorzügliches leistete die Neu-Joachimsthaler Gufsgeschirrfabrik und die Emaillieranstalt von Bernhard Bartelmus. Die Werke zählten 3 Hochöfen, 2 Kupolöfen mit Lufterwärmungsapparaten und mit Dampfkesselfeuerung durch die Gichtflamme zum Betriebe des Cylindergebläses; sodann 16 Frisch- und Streckfeuer und 1 Puddel- und Walzwerk.

Die landesherrlichen Werke zu Zbirow lieferten 81083 Ctr. Roheisen und Gufswaren. Die gräflich Wrbnaschen Werke zu Horsowitz und Ginetz 23143 Ctr., darunter 10227 Ctr. Gufswaren. Diese 3 Werke gossen viel Munition.

Neudeck hatte seit 1839 grofse Fortschritte, namentlich in der Weifsblechfabrikation, gemacht. Das Werk bestand aus 1 Hochofen, 3 Frisch- und 1 Schweifsfeuer und 1 Walzwerk.

---

[1]) Siehe Marian, Über den Eisenhüttenbetrieb mit Torf zu Ransko in Böhmen; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1845, S. 297.

Digitized by Google

Die Metternichsche Eisengiefserei zu Plefs, die 1837 umgebaut worden war, lieferte besonders schönen Kunst-, Ornamenten- und Galanterieguſs. Komorau bewährte seinen Ruhm im Kunstguſs und erzeugte auch das damals beliebte Trauergeschmeide. Wir nennen ferner Rosahütte im Königgrätzer Kreise, Frauenthal im Pilsener Kreise, Kallich, Gabrielahütte und Schmiedeberg im Saatzer Kreise. Auch die Eleonoreneisenhütte zu Schlackenwerth im Elbogner Kreise hatte viele Versuche über Verwendung von Torf und Torfkohle im Hochofen gemacht.

Das 1841 neuerbaute Werk Adolfsthal bei Kruman im Budweiser und Eugenthal bei Neuhaus im Taborer Kreise war mit den neuesten Verbesserungen versehen und produzierte 14000 Ctr. Roheisen und 7300 Ctr. Guſswaren.

Die meisten Hochöfen befanden sich im Berauner (9) und im Pilsener Kreise (11). Koks hatte man nur versuchsweise als Zusatz im Hochofen, namentlich im Rakonitzer Kreise, angewendet. Dagegen hatte man gegen Ende der 40er Jahre angefangen, Schwarzkohle zu Flammfeuer in Puddel- und Schweifsöfen in Antonsthal, Althütten u. s. w. und im Glühofen auf dem Drahtwalzwerke zu Prommenhof zu verwenden. Zu Sedletz verwendete man Koks im Kupolofen.

Zur Verarbeitung des Roheisens dienten 1844 278 Frisch- und Streckfeuer, 252 Hammerschlagwerke, 4 Puddlingswerke mit 14 Puddelöfen, 8 Walzenpaare und 24 Walzensätze, 22 Schweifs- und Glühöfen, sowie 17 mechanische Werkstätten. 1843 wurden in Böhmen erzeugt:

Weifsblech	9114	Ctr.
Schwarzblech	5408	„
Gewalztes Eisen	2084	„
Feineisen	3018	„
Streckeisen	56484	„
Grobeisen	172228	„
	248336	Ctr.

1846 betrug die Erzeugung von Schmiedeeisen 256666 Ctr., von Roheisen 314463 Ctr., von Guſswerk aus dem Hochofen 78096 Ctr. Die Einführung des heifsen Windes bei den böhmischen Anlaufschmieden hatte eine Kohlenersparnis von $^1/_6$ zur Folge.

Die gröfsten Puddelwerke waren Josefshütte und Althütten. Ersteres hatte eine grofse Menge Schienen für die Prag-Dresdener Bahn geliefert[1]).

[1]) Sehr ausführliche Nachrichten über die Produktion der böhmischen Eisenhütten im Jahre 1848 finden sich in einem Aufsatze von Balling in Berg- u. hüttenm. Ztg. 1849.

Digitized by Google

Zu Neuhütten bei Nischburg hatte Maresch seit 1845 die abgehende Hitze der Frischfeuer zum Puddeln verwendet. — Janowitz hatte eine neu eingerichtete Gewehrlauffabrik und erzeugte aus einem vorzüglichen Drahteisen jährlich bei 2000 Ctr.

Eine aufserordentliche Zunahme hat die Eisenindustrie in Mähren und Schlesien in dieser Periode erfahren. Karsten giebt die Jahresproduktion von 1839 (?) zu nur 70000 Ctr. an, dieselbe betrug aber 1842 bereits 243140 Ctr. und wuchs in zwei Jahren auf 392000 Ctr., 1846 auf 392559 Ctr.

Die Hütten besafsen vorzügliche Erze sowohl in den Karpathen, als in den Sudeten. Der grofse Aufschwung erfolgte durch die Benutzung der Steinkohle, welche ebenfalls im Lande vorhanden ist. Die ersten Nachrichten von Steinkohlengewinnung bei Ostrau stammen von 1750. 1817 wurde die erste Grube bei Dombrau eröffnet. Zwischen 1830 und 1840 nahmen Rothschild und v. Larisch, und 1849 die Gebrüder Klein den Steinkohlenbergbau in Mähren auf. Schon 1830 wurden zu Rossitz zwei Versuchsöfen und 1836 auf der Rothschildschen Hütte zu Witkowitz eine grofse Anlage von Kokshochöfen angelegt. 1838 und 1839 wurde der erste Kokshochofen in Österreich von englischen Arbeitern, die Professor Riepel in England engagiert hatte, erbaut [1]).

1843 waren in Mähren 15 Hochöfen, 1846 bereits 26 im Betriebe, die sich auf 18 Eisenwerke verteilten. 2 Hochöfen gingen mit Koks. Am bedeutendsten war die Zunahme der Puddel- und Walzwerke infolge der Schienenfabrikation und des Eisenbahnbedarfs.

Die meisten Hochöfen wurden mit heifser Luft betrieben. Sehr bedeutend war die Produktion von Gufswaren, dieselbe betrug etwa $^1/_4$ der ganzen Hochofenproduktion. Am wichtigsten hierfür war das fürstlich Salmsche Eisenwerk zu Blansko, welches die Schule der mährisch-schlesischen Giefsereien geworden ist. Schon anfangs der 20er Jahre hatte man dort einen Kupolofen erbaut, der mit dem Cylindergebläse betrieben wurde. Er gab aber jedenfalls wegen der zu starken Pressung des Windes schlechte Resultate und wurde (nach Hollunder 1824) nur selten gebraucht. 1846 betrug die Produktion dieses Werkes 50000 Ctr. Gufswaren und 24000 Ctr. gefrischtes und gewalztes Eisen. Ein Teil des Eisens wurde in der mit dem Werke verbundenen grofsen Maschinenfabrik verarbeitet. Das Blanskoer Werk gab etwa 1000 Arbeitern ständige Beschäftigung.

Das Zöptauer Eisenwerk auf der Herrschaft Wiesenberg im

[1]) Siehe Berg- u. hüttenm. Jahrbuch der k. k. Akademieen 1867, S. 228.

Digitized by Google

Olmützer Kreise, Eigentum der Gebrüder Klein, zeichnete sich besonders als Walzwerk aus. Die Puddel- und Schweifsöfen waren sehr zweckmäfsig, namentlich auch für grofse Massen eingerichtet. Vorzüglich war das dort gefertigte lange, starke Rundeisen, bis 36 Fufs Länge und 3 Zoll Durchmesser, welches für die Förderung des Maschinenbaues von grofser Wichtigkeit war. Zöptau hatte durch zweckmäfsige Einrichtungen und rationellen Betrieb den geringsten Kohlenaufwand, sowohl in den Frischherden als in den Puddelöfen. 1 Ctr. Frischeisen erforderte nur 12 Kbffs. weicher Holzkohle, und 100 Pfund Rohschienen nur 95 Pfund Steinkohlen. Auch wurde hier zuerst in Mähren und Schlesien die Kleinfrischerei eingeführt. Die Schienenfabrikation lieferte 24 000 Ctr. im Jahre.

Das fürst-erzbischöfliche Eisenwerk zu Friedland hatte 1839 durch die Einführung des heifsen Windes bei den Hochöfen und Frischfeuern seinen Betrieb sehr verbessert. Mit demselben war ein Walzwerk und eine bedeutende Maschinenfabrik verbunden. Das gräflich Harrachsche Eisenwerk zu Janowitz zeichnete sich durch seine Holzkohlenbleche, namentlich auch durch sein schönes Weifsblech aus.

Die grofsartigste Anlage war aber die des Baron Rothschild zu Witkowitz. Es war das gröfste Schienenwalzwerk Österreichs und lieferte damals schon über 80 000 Ctr. im Jahre. Hierfür mufste das Werk noch viel Roheisen, namentlich aus Ungarn, beziehen. Bereits im Jahre 1832 war hier der erste Puddelofen in Betrieb gesetzt worden.

Im ganzen erzeugte Schlesien und Mähren 1846 in 116 Frischfeuern 164 000 Ctr. Holzkohleneisen, und in den Puddelwerken 104 000 Ctr. Schienen, zusammen 268 000 Ctr., wofür noch etwa 70 000 Ctr. Roheisen eingeführt werden mufste.

Die Karpathenländer hatten ebenfalls eine alte und wichtige Eisenindustrie. Ungarns Produktion giebt Karsten nur zu 200000 Ctr. an, 1846 betrug dieselbe von 33 Hochöfen und von 100 Hammerwerken 360 000 Ctr. Roheisen, 36 000 Ctr. Gufseisen und 260 000 Ctr. Schmiedeeisen und Stahl.

In Niederungarn lagen die königlichen Hüttenwerke Rhonitz, Mittelwald und Theisholz, im Banyer Distrikt die Eisenhütten zu Strimbul und Olah-Lapos, im Bannat Bokschan und Reschitza. Im Gömörer Komitat waren die Hradecker Hüttenwerke am bedeutendsten. Als Musteranstalten galten besonders Rhonitz und die Prinz Koburgschen Werke. In dem Gebiete der Militärgrenze lieferten ferner 2 Hochöfen 18500 Ctr. Roheisen und 9100 Ctr. Gufswaren. Bei den steigenden Holzpreisen anfangs der 40er Jahre erregte Faber du

Digitized by Google

Faurs Erfindung der Feuerung mit Gichtgasen grofses Aufsehen in Ungarn. Nicht nur die königlichen Eisenwerke, sondern auch die herzoglich Sachsen-Koburgschen, die gräflich Andrassyschen und die Aktiengesellschaft Qualition waren die ersten Käufer des Geheimnisses, und führten den Gastrieb ein.

Siebenbürgens Produktion (um 1839?) giebt Karsten zu 70000 Ctr. an. Die gröfsten Eisenwerke waren zu Vajda-Hunjad. Galizien hatte 1843 18 Hochöfen, welche 38200 Ctr. Roheisen und 7500 Ctr. Gufswaren lieferten, davon das gröfste Hüttenwerk Jacobenia 15458 Ctr. Roheisen und 3066 Ctr. Gufswaren [1]). Man zählte ferner 23 Frischfeuer mit 14 Hämmern, welche 1846 aus 54814 Ctr. Roheisen 37577 Ctr. verschiedene Schmiedeeisensorten herstellten.

Im ganzen österreichischen Kaiserstaate arbeiteten 1841 226 Hochöfen, 32 Kupolöfen, 835 Eisen- und Stahlhämmer mit 1955 Feuer und 1538 Schlägen, 15 Puddelwerke mit 54 Puddelöfen, 32 Schweifsöfen und 38 Walzenpaare, 40 Walzwerke mit 112 Walzenpaaren und 94 Glühöfen, 9 Gufsstahlöfen und 31 mit Eisenhütten verbundene mechanische Werkstätten. Die Produktion betrug 2192640 Ctr. Roheisen, 364130 Ctr. Gufseisen, 1375659 Ctr. Stabeisen, 11056 Ctr. Weifsblech, 111646 Ctr Schwarzblech, 208379 Ctr. Stahl [2]).

Nach einer Zusammenstellung für 1843 waren in der ganzen österreichischen Monarchie an verarbeitetem Eisen erzeugt worden:

Weifsblech	12585	Ctr.
Schwarzblech	78564	„
Gewalztes Eisen . . .	220622	„
Feineisen	4265	„
Streckeisen	351180	„
Grobeisen	475483	„
Gufseisen	62196	„
Summa	1204895	Ctr.

Die einzelnen Länder hatten Roheisen verarbeitet:

Steiermark	577855	Ctr.
Kärnten	413662	„
Krain	71433	„
Böhmen	335916	„
Mähren und Schlesien .	294073	„
Galizien	54814	„
	1747753	Ctr.

[1]) Siehe Czörnig, Tafeln zur Statistik.

[2]) v. Reden, Denkschrift über die österreichische Gewerbeausstellung in Wien 1845. Berg- u. hüttenm. Ztg. 1846, S. 745.

Digitized by Google

Die Hochofenproduktion Österreichs von 1847, welche 3 633 239 W.-Ctr. betrug, verteilte sich folgendermafsen:

	Roheisen	Gufswaren aus Erzen
Österreich u. d. Enns . . .	28 576 W.-Ctr.	— W.-Ctr.
„ o. d. Enns . . .	50 746 „	3 221 „
Steiermark	844 072 „	25 978 „
Kärnthen und Krain . . .	660 757 „	23 651 „
Tirol	60 810 „	11 004 „
Böhmen	356 333 „	179 466 „
Mähren und Schlesien . .	293 968 „	148 680 „
Galizien	64 904 „	22 964 „
Lombardei	114 910 „	18 960 „
Ungarn	605 415 „	50 262 „
Siebenbürgen	23 119 „	1 389 „
Militärgrenze	19 865 „	13 129 „
	3 123 475 W.-Ctr.	498 704 W.-Ctr.

Erzeugung und Verbrauch von Roheisen in Österreich-Ungarn 1831 bis 1850[1]).

In Tonnen zu 1000 kg.

Jahr	Roheisenerzeugung			Einfuhr, Ausfuhr auf Roheisen reduciert		Roheisenverbrauch	Länge der Eisenbahnen km
	Österreich	Ungarn	Summe				
1831	78 967	15 039	94 006	588	10 153	84 441	87
1832	75 581	14 412	86 993	469	11 107	79 355	131
1833	80 472	19 087	99 559	574	11 172	88 961	131
1834	84 524	17 261	101 785	772	10 400	91 157	131
1835	91 934	19 708	111 642	875	10 707	101 810	174
1836	91 152	23 221	114 373	1394	12 812	102 955	259
1837	99 370	19 249	118 619	1329	11 096	108 852	259
1838	103 176	18 181	121 297	4010	12 129	113 178	281
1839	107 248	21 987	129 235	5305	12 322	122 218	399
1840	111 934	21 929	133 863	2258	12 953	123 168	427
1841	118 798	23 464	142 262	1345	11 739	131 868	643
1842	120 692	27 687	148 379	1762	12 098	138 043	702
1843	124 301	28 065	152 366	1797	12 291	141 962	702
1844	136 623	27 836	164 459	4383	12 824	156 018	796
1845	140 125	31 606	171 731	2393	12 191	161 933	1069
1846	157 587	30 144	187 731	4751	13 539	178 943	1370
1847	162 964	38 344	201 308	5211	12 192	194 327	1655
1848	129 313	24 000	153 313	637	7 886	146 064	1710
1849	125 280	24 000	149 280	145	11 253	138 172	1969
1850	165 268	33 230	198 498	2185	12 399	188 284	2250

[1]) Nach Fr. Kuppelwieser, Österreich. Ztg. f. Berg- u. Hüttenw. 1894, S. 273.

Digitized by Google

Der Normalzoll für Roheisen in Österreich vor 1848 betrug 4,50 fl. für 100 kg. Englische Schienen gingen seit 1837 vielfach zollfrei ein.

Schweiz, Italien, Spanien und Portugal 1831 bis 1850.

Die Schweiz erzeugte gegen Ende der 40er Jahre aus 12 Hochöfen ca. 288000 Ctr. Roheisen und hieraus an 240000 Ctr. Schmiedeeisen. Die Zahl der bei der Eisenindustie beschäftigten Arbeiter betrug um 6000.

Über Italien fehlt es an genaueren Angaben aus den 40er Jahren und sind wir hauptsächlich auf die Mitteilungen in Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde 1841 angewiesen.

Die Lombardei und Venedig gehörten damals zu dem Kaisertume Österreich. In den drei Delegationen Sondrio, Bergamo und Brescia wurde aus Spat- und Roteisenstein Roheisen geschmolzen, das in Herden zu Stabeisen und Rohstahl verarbeitet wurde. Die Eisenhütten der Lombardei lagen in der Gegend zwischen Como- und Gardasee, wo 15 Hochöfen im Betriebe waren[1]). Direkt am Comersee lag die Hütte von Dongo. In der Delegation Sondrio lagen die Eisenhütten zu Premadio, Cedrasso, Sondrio und Masino. Das Roheisen wurde zu Stabeisen und zu Stahl verfrischt nach der sogenannten bergamaskischen Methode. Die Eisenbereitung glich nach Audibert in vieler Beziehung der im Siegerlande gebräuchlichen. Die ganze Jahresproduktion der Lombardei und Venedig an Schmiedeeisen betrug etwa 15000 Ctr.

Die Insel Elba lieferte ihre reichen vortrefflichen Erze allen italienischen Staaten am Tyrrhenischen Meere. Die Ausfuhr betrug gegen Ende der 30er Jahre 380000 Ctr. Magnet- und Roheisenstein, wovon Toskana 212000 Ctr., Genua 90000 Ctr., der Kirchenstaat 45000 Ctr. und Neapel 33000 bis 34000 Ctr. erhielten; etwa 5000 Ctr. gingen nach Korsika. Mit Ausnahme von Toskana wurden die Erze in Rennherden unmittelbar auf Stabeisen verschmolzen. Toskana verschmolz die elbanischen Erze in Hochöfen auf den Hütten zu Cecina, Fallonica, Valpiana und Pecia[2]). Diese Hütten hatten sogar die Winderhitzung eingeführt. Die jährliche Roheisenproduktion betrug 120000 Ctr., die Stabeisengewinnung 70000 Ctr.

---

[1]) Siehe die Abhandlung von Audibert, Ann. d. Mines, 4. Ser., Vol. I, p. 613.
[2]) Siehe Garella in Ann. d. Mines, 3. Ser., Vol. XVI, p. 3.

Digitized by Google

Savoyen ist reich an gutem Spateisenstein, die in 13 oder 14 Hochöfen und in 30 Frischherden zu Stabeisen und Rohstahl verarbeitet wurden. Die gesamte Produktion betrug 1834 etwa 21 000 Ctr.

In Piemont wurde in den Thälern von Sesia und Aosta auf Spateisen, zu Cogni und Traversella auf Magneteisenstein, der mehr als 50 Rennherde beschäftigte, gebaut. Aufserdem zählte man in Piemont über 30 Hochöfen und mehr als 30 Frischfeuer. Die jährliche Erzeugung an Stabeisen und Stahl betrug über 129 000 Ctr.

An der Riviera, von Nizza bis Genua, befanden sich Rennherde, welche elbanische Erze verarbeiteten. Man schätzte die Produktion dieses Küstengebietes auf 30 000 Ctr. Stabeisen.

Das ganze Königreich Sardinien hatte eine Produktion von 170 000 bis 175 000 Ctr. Stabeisen und Rohstahl. Über die Drahtfabrikation Sardiniens hat Le Play einen Aufsatz veröffentlicht [1]).

Parma besafs das Hüttenwerk Campiano, welches mit 1 Hochofen und 2 Frischfeuern etwa 2000 Ctr. Stabeisen lieferte, ebenso Modena auf der Hütte Castelnuovo di Grafagnana.

Im Kirchenstaate fand nur Eisenbereitung in Luppenfeuern an der Küste aus elbanischen Erzen statt, die etwa 16 000 bis 18 000 Ctr. Stabeisen lieferten.

Neapel besafs nur 1 Hüttenwerk mit 1 Hochofen und 1 bis 2 Frischherden zu Mongiana, welches Brauneisenerze von Pazzano in Kalabrien verschmolz. Die Roheisenproduktion betrug 7000 bis 8000 Ctr., wovon der gröfste Teil, 5000 bis 6000 Ctr., zu Gufswaren, namentlich zu Geschützen und Geschossen verwendet wurde. Die Luppenfeuer an der Westküste schmolzen aus elbanischen Erzen etwa 12 000 Ctr.

Die ganze Produktion Italiens würde demnach Mitte der 30er Jahre etwa 350 000 Ctr. betragen haben. In den 40er Jahren machte die italienische Eisenindustrie keine nennenswerten Fortschritte.

Das erzreiche Spanien hatte ebenfalls nur wenige Verbesserungen in seiner Eisenindustrie gemacht. In den klassischen Provinzen Biskaya, Guipuzcoa und Navarra hielt man an dem alten Luppenfeuerbetriebe (Ferrerieras) fest. Man unterschied drei Methoden, die katalonische, die navarresische und die biskaysche, die sich nur durch die Formen und Gröfsen der Herde unterschieden. Der Einsatz betrug:

in Katalonien	150	bis	200	kg Erz
„ Navarra	250	„	300	„ „
„ Biskaya	350	„	400	„ „

[1]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, Vol. IV, p. 411.

Digitized by Google

Das Ausbringen:

in Katalonien	. .	50	bis	70	kg,	d. h.	33	bis	35	Proz.
„ Navarra	. . .	85	„	100	„	„	34	„	37	„
„ Biskaya	. . .	130	„	150	„	„	37	„	38	„

(Landrin). Indessen betrug die gesamte Produktion der Ferrerieras in den genannten Provinzen im Jahre 1842 nur 3200 Tonnen. Versuche, modernere Betriebsarten in Spanien einzuführen, hatten geringen Erfolg. 1828 hatte sich eine Gesellschaft gebildet, welche zu Rioverde bei Marbella in Granada an der Südküste zwischen Gibraltar und Malaga eine Eisenhütte mit Hochofen und Cylindergebläse anlegte, um die reichen Magneteisenerze von Ronda zu verschmelzen.

1845 gab es 2 Eisenhütten bei Malaga[1]), Constancia y Labor und Ferreria y fundicion del Anjel. Erstere hatte 3 Hochöfen, die teils mit Holz, teils mit Anthracit von Wales betrieben wurden. Sie waren 12,20 m hoch und wurden mit von der Gichtflamme stark erhitztem Winde gespeist, bei einer Pressung von 3 Pfd. auf den Quadratzoll. Man bediente sich der Wasserformen und eines Wasseraufzuges. Die Anlage war nach englischer Art. Man hatte bei den sehr reichen Erzen nur 35 bis 40 Proz. Schlacke auf 100 Roheisen.

1848 wurde in Biskaya der erste Hochofen auf dem Werke Santa Ana de Bolueta in Betrieb gesetzt.

Vortreffliche Eisenerze hatte auch Galicien. Die Gruben von Formigueiros und Roques in dem Gebirge von Courél lieferten jährlich über 80000 Ctr. Zu Sargadelos, in der Nähe der Küste, befand sich ein Eisenwerk mit 2 Hochöfen und einem Flammofen, wo Munition und Töpfe gegossen wurden. Die Eisenhämmer in Galicien wie die in Asturien waren alle ähnlich wie die in Biskaya. Hoppensack hatte die Produktion von Spanien auf 170000 bis 180000 Ctr. angegeben und Karsten glaubt nicht, dafs sie bis gegen 1840 gestiegen sei.

1849 wird die Produktion von Roheisen in Spanien zu 313704 Ctr., von Stabeisen zu 341424 Ctr. angegeben.

Portugal erzeugte in der Provinz Tras-os-Montes und Beira in Luppenfeuern etwa 6000 Ctr. Stabeisen. Der Versuch bei Foz d'Alge, westlich von Fuiguiero, eine Eisenhütte mit einem Hochofen nach deutscher Weise zu betreiben, hatte ebensowenig Erfolg wie bei Marbella in Spanien.

---

[1]) Siehe Pernollet, Annales des mines 1845.

[2]) Annales des mines, 5. Ser., Vol. II, p. 604.

Digitized by Google

Skandinavien 1831 bis 1850.

Eine erfreulichere Entwickelung nahm die Eisenindustrie in den nordischen Ländern, wenn deren Holzkohlenindustrie auch unter der Konkurrenz der immer grofsartiger sich entfaltenden Steinkohlenindustrie schwer zu leiden hatte.

Schwedens Reichtum an Holz und vortrefflichen Eisenerzen gestattete eine fast unbegrenzte Produktion. Dieselbe ging weit über das Bedürfnis des Landes selbst hinaus und der Export war nur beschränkt durch die Nachfrage anderer Länder und Handelskonjunkturen. Man zählte gegen Ende der 30er Jahre 340 Hochöfen, die aber nie alle gleichzeitig im Betriebe waren, und 1400 Frischherde. Von den Hochöfen lagen 76 in Orebro Län, ebensoviele in Stora Kopparbergs Län, 35 in Karlsstads Län, 31 in Gefleborgs Län und 31 in Westeräs Län, 15 in Jönköpings Län, 14 in Linköpings Län, 12 in Upsala Län, 12 in Kronaberger Län, 11 in Kalmar Län, 7 in Nyköpings Län, 6 in Stockholms Län, 4 in Wester Norrlands Län, 3 in Norbottens Län, 2 in Westerbottens Län, 2 in Skaraborgs Län, 1 in Jemtlands Län.

In den Jahren 1833 bis 1836 betrug die Produktion:

	von Roheisen[1])		von Stangeneisen	
	Schiffspfund	Tonnen	Schiffspfund	Tonnen
1833	506 470 =	81 055	451 968 =	72 315
1834	482 244 =	77 159	452 602 =	72 416
1835	517 609 =	82 817	465 446 =	74 471
1836	545 312 =	87 250	512 404 =	81 985

Im Jahre 1837 wurden in 1285 Frischherden unter 816 Hämmern 521 084 Schiffspfund (= 83 373 Tonnen) erzeugt. Die Zahlen beweisen eine Zunahme der Produktion. Die Eisenerzeugung Schwedens war aber ganz abhängig von dem Export und deshalb von Handelskonjunkturen. Als geschichtliche Merkwürdigkeit ist zu erwähnen, dafs in den 30er Jahren in Jemtland noch ein Stückofen (Osemundofen) in Thätigkeit war. Jedes Frischfeuer soll zwar nur ein bestimmtes (privilegiertes) Quantum Stabeisen anfertigen, die Erlaubnis für Überproduktion wurde aber leicht erteilt, wenn die Handelsverhältnisse günstig waren.

Die Ziffern der Ausfuhr[2]) sind deshalb für Schweden noch wichtiger wie die der Produktion. Die Ausfuhr betrug:

[1]) 1 Schiffspfund = 160 kg.

[2]) Siehe Scrivenor, Hist. of the Iron-Trade, p. 154.

Digitized by Google

1830	366617	Schiffspfund	(=	58659	Tonnen)
1831	427995	„	(=	68479	„)
1832	401367	„	(=	64219	„)
1833	423400	„	(=	67744	„)
1834	400175	„	(=	64028	„)
1835	493601	„	(=	78976	„)
1836	470627	„	(=	75300	„)
1837	336883	„	(=	53902	„)
1838	543329	„	(=	86933	„)

Groſsbritannien und Nordamerika waren die Hauptabnehmer für schwedisches Eisen, hauptsächlich für ihre Cement- und Gufsstahlfabrikation. Im Durchschnitt entfielen auf Groſsbritannien 90000 Schiffspfund (14400 Tonnen), auf Nordamerika 80000 (12800 Tonnen), auf Frankreich 40000 (6400 Tonnen), auf Dänemark 30000 (4800 Tonnen), auf die norddeutschen Länder 54000 Schiffspfund (8640 Tonnen).

Die ersten Versuche mit erhitztem Winde beim Hochofenbetriebe wurden 1833 unter af Uhrs Leitung auf der Hütte zu Brefven, welche dem Oberst Ankarswärd gehörte, mit bestem Erfolge vorgenommen. Rasch folgten die Hütten zu Arkarsum, Österby, Forsarström, Högfors, Lexjö und Höltspö in Westerburg Län, zu Dalkarlsjö und Dormsjö in Wärmland, zu Aker in Nyköping Län, zu Skögalvlen in Orebro Län diesem Beispiele. Zu Ankarsum betrug die Ersparnis an Erz 10,44 Proz., an Kalk 51,60, an Kohlen 40,28, an Zeit 20,10.

Die Eröffnung des Göthakanals am 26. September 1832 war auch für die Eisenindustrie Schwedens ein groſser Fortschritt. Dieser Kanal, der unter Benutzung der groſsen Landseen, des Wener-, Wetter- und Mälarsees die Nordsee mit der Ostsee verbindet, war damals einer der gröſsten Kanäle der Welt. Er war 82 deutsche Meilen lang und für Schiffe von 22 Fuſs Breite und $9^1/_2$ Fuſs Tiefgang eingerichtet. 22 Jahre wurde daran gebaut. Er kostete über 30 Millionen Mark, wovon der Staat mehr als 18 Millionen bezahlt hatte.

In den 40er Jahren stieg die Eisenproduktion Schwedens. 1845 lieferten 204 Hochöfen 502059 Schiffspfund (80329 Tonnen), 1847 222 Hochöfen 708123 (113300 Tonnen) und 1850 betrug die Produktion der Hochöfen sogar 727597 (116416 Tonnen).

An Gufswaren wurden 1847 erzeugt

aus Erzen	20780	Schiffspfund
„ Roheisen . . .	19699	„
	40479	Schiffspfund (= 6477 Tonnen).

Digitized by Google

Die Stabeisenerzeugung betrug 1845 568491 Schiffspfund (90959 Tonnen), 1847 619872 Schiffspfund (99020 Tonnen), 1850 645934 Schiffspfund (103349 Tonnen). Die Stabeisenausfuhr betrug 1849 595974 Schiffspfund (95356 Tonnen).

Es betrug die Ausfuhr

nach	England	177706	Schiffspfund	(28433	Tonnen)
„	Nordamerika	131453	„	(21032	„)
„	Dänemark	48298	„	(7728	„)
„	Portugal, den Azoren u. s. w.	32748	„	(5240	„)
„	Frankreich	30439	„	(4870	„)

Aus den 40er Jahren sind die Nachrichten weniger vollständig [1]).

In Norwegen zählte man 13 Hochöfen im Stifte Aggerhuus, darunter Bärum, Fessum, Edsvold, Mos, 4 in dem Stifte Christianssand, 4 in der Grafschaft Laurvig und einen in der Grafschaft Jarlsbey. Das hauptsächliche Erz war Magneteisenstein von Arendal. An Gufswaren, meistens Öfen und Töpfe, wurden 10000 bis 12000 Ctr. (500 bis 600 Tonnen) angefertigt, während die Stabeisenfabrikation auf 29000 Schiffspfund (4640 Tonnen) angegeben wurde.

Die Frischmethode war die deutsche.

Rufsland 1831 bis 1850.

Rufslands Reichtum an vorzüglichen Eisenerzen ist ein aufserordentlicher, und da es Überflufs an Holz besafs, war die Produktion eine mit dem zunehmenden Bedarf steigende. Genaue Aufstellungen über die Eisenproduktion der verschiedenen Provinzen des Russischen Reiches hatten Herrmann und Storch um 1825 gegeben [2]). Die Roheisenproduktion Rufslands belief sich damals auf 9756791 Pud [3]) (157008 Tonnen), wovon das Gouvernement Perm allein $^2/_3$ lieferte; das Gouvernement Orenburg hatte die nächst grofse Produktion. Diese beiden Gouvernements enthalten die sogenannten uralischen Hütten. Die bedeutendsten Eisengiefsereien waren die der Krone gehörigen zu Kronstadt, wo jährlich 75000 Pud Gufswaren, meist Munition, gemacht wurden, zu St. Petersburg mit 100000 Pud (1640 Tonnen) Produktion, zu Kontschosersk mit 50000 Pud (820 Tonnen) und zu Alexandrowsk mit 170000 Pud (2788 Tonnen) Jahresproduktion. Die beiden letzteren

[1]) Siehe Über Schwedens Eisenproduktion von 1845: Berg- u. hüttenm. Ztg. 1846, S. 1073.

[2]) Siehe Karsten, a. a. O., Bd. I, S. 112.

[3]) 1 Pud zu 16,4 kg gerechnet.

Digitized by Google

Werke lagen im Gouvernement Olonetz und lieferten hauptsächlich Kriegsmaterial. Ersteres hatte 2, letzteres 4 Hochöfen. Man verschmolz fast nur Seeerze (von 40 bis 50 Proz.) und Schlammerze (von 30 Proz.). Die besten Seeerze lieferte der See Tuma[1]). Ein anderes Gufswerk war zu Lugansk im jekaterinoslawskischen Gouvernement. Dieses schmolz sibirisches Roheisen in Flammöfen um, ebenfalls für Artilleriebedürfnisse. Hier befanden sich 2 Hochöfen, in denen man die ersten Versuche gemacht hatte, Roheisen mit Koks aus Steinkohlen aus der Gegend von Bachmut am Donetz zu erblasen. Doch waren die Versuche nicht günstig ausgefallen. Auf mehreren Hütten hatte man mit gutem Erfolge einen Teil der Holzkohlen durch rohes Holz ersetzt.

Es wurde immer noch viel Eisen in niedrigen Bauernöfen und in Luppenfeuern dargestellt. Auf diese Art wurde viel Raseneisenstein in den Gouvernements Olonetz, Nowgorod, Kostroma und Wologda verschmolzen.

Unter den uralischen Hütten hatte das der Krone gehörige Hüttenwerk Wotkinsk eine grofse Ausdehnung erhalten. Hier wurden jährlich 200000 Pud Stabeisen aus dem Roheisen von den goroblagodaskischen Hütten bereitet. Auch hatte man daselbst Ende der 30er Jahre die Puddelfrischmethode mit Holz eingeführt. Über Betriebsresultate bei den uralischen Hütten hat der Ingenieur-Kapitän W. de Rachette Mitteilungen veröffentlicht[2]).

Grofse Vorteile ergaben sich durch den von Direktor Thoma 1847 eingeführten Gaspuddelofenbetrieb auf dem der Fürstin von Butera-Radali gehörigen Hüttenwerke Liswenskoi-Sawod am Ural. Es trat dadurch eine Holzersparnis von 46000 Klftr. auf 18000 Klftr. und mehr ein[3]). Schon 1843 hatte man auf der Wotinskischen Hütte Gasbetrieb eingeführt[4]).

Ferner erreichte man grofse Erfolge durch starke Windpressung und genaue Kontrolle derselben. Nach Teploff waren die damit erzielten Vorteile gröfser als die mit heifsem Winde erzielten.

In dem russischen Bergwerksjournal wurde die Produktion von Roheisen[5]) im Jahre 1832 zu 9775389 Pud (160316 Tonnen) angegeben,

[1]) Siehe Deutsche Gewerbezeitung 1850, Nr. 1.
[2]) Tunners Jahrbuch, Bd. II, S. 253.
[3]) Siehe Nr. 1 bis 7 der Berg- und hüttenm. Ztg. von 1851.
[4]) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1852, S. 611.
[5]) Teploff giebt folgende Produktion an:

1830	182721,274	Tonnen
1831	180043,730	„
1832	162470,224	„
1833	159113,372	„

Digitized by Google

wovon 975957 Pud (15906 Tonnen) auf Kronwerken, 8874276 Pud (144410 Tonnen) auf Privatwerken gewonnen worden waren.

1839 war die Produktion beträchtlich gestiegen, nämlich auf 12400000 Pud (203360 Tonnen), wovon 1700000 Pud (17880 Tonnen) auf Kronwerke, 10700000 Pud (175480 Tonnen) auf Privatwerke entfielen. Die Stabeisenerzeugung betrug in demselben Jahre 7000000 Pud (114800 Tonnen). 1848 belief sie sich auf 8513673 Pud (139624 Tonnen).

A. Köppen teilt in dem Berichte zur Weltausstellung in Chicago folgende Produktionsziffern in Millionen Pud für das Russische Reich in diesem Zeitabschnitte mit:

	Roheisen	Stabeisen
1831 bis 1835	10,5	—
1836 „ 1840	10,9 (seit 1837)	6,8
1841 „ 1845	11,2	7,6
1846 „ 1850	12,5	8,8

Die Stahlproduktion spielte erst seit 1847 eine Rolle und betrug in den Jahren 1847 bis 1850 durchschnittlich 63000 Pud (103,3 Tonnen) im Jahre.

Polen hatte zwei Eisenindustriebezirke, einen östlichen und einen westlichen. In dem östlichen fand nur Holz- und Holzkohlenbetrieb statt. Die Hüttenwerke waren nicht sehr grofs. Das kaiserliche Hüttenwerk Konieczpol war das bedeutendste; hier hatte man das Holzpuddelfrischen eingeführt. In dem westlichen Bezirke wurde auch ein Teil der Werke mit Holz betrieben, aufserdem aber hatte die russische Regierung zwei grofse Anlagen für Steinkohlen- und Koksbetrieb errichtet: Nieffka hatte 2 Hochöfen und 1 grofses Puddelwerk, Dombrowka 6 Hochöfen und 1 sehr grofses Puddelwerk mit 18 Puddelöfen. Die Steinkohlen kamen in unmittelbarer Nähe der Werke vor.

1839 wurden in Polen 9207,5 Tonnen Eisen von Hochöfen, darunter 79700 Ctr. (3985 Tonnen) Gufswaren erzeugt. Die Stabeisenerzeugung betrug 80610 Ctr. (4030,5 Tonnen).

1849 wurden in Polen in 38 im Betriebe stehenden Hochöfen 375632 Ctr. (18781,6 Tonnen) Roheisen dargestellt, also mehr als das Doppelte in 10 Jahren. Die aufserordentliche Zunahme war nur den Steinkohlenwerken zu verdanken.

Eisenstatistik Europas 1831 bis 1850.

Folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der Roheisen- und Stabeisenfabrikation der europäischen Länder um 1838 (nach Karsten) und 1848 (nach Hartmann):

Digitized by Google

	Hochofenprodukte		Stabeisen und Stahl	
	um 1838	1848	um 1838	1848
	Ctr.	Ctr.	Ctr.	Ctr.
Britannien	29 632 500	39 500 000	13 235 850	24 000 000
Frankreich	6 763 900	10 500 000	4 360 368	6 500 000
Spanien	—	280 000	180 000	200 000
Portugal	—		6 000	6 000
Luxemburg	60 000	150 000	?	120 000
Belgien	2 917 350	4 280 000	1 750 410	2 600 000
Schweiz	—	288 000	10 000	240 000
Schweden	1 455 245	1 800 000	1 322 950	1 300 000
Norwegen	—	104 000	76 731	74 000
Rufsland	3 820 192	4 000 000	2 156 460	2 900 000
Polen	184 000	650 000	80 610	460 000
Italien	126 000	900 000	277 000	650 000
Österreich	2 694 262	2 600 000	1 250 000	1 700 000
Deutschland		4 143 600	1 957 656	2 080 000
Berechnetes Roheisen für Stabeisen	2 720 385	—	—	—
	50 373 834	69 195 600	26 664 035	42 830 000

In Tonnen betrug die Roheisenproduktion der wichtigsten eisenerzeugenden Länder wie folgt:

	1838		1848	
Grofsbritannien	1 481 625	Tonnen	1 975 000	Tonnen
Frankreich	338 195	„	525 000	„
Deutschland	134 720	„	207 180	„
Österreich	ca. 100 000	„	130 000	„
Rufsland	200 210	„	232 500	„
Skandinavien	72 760	„	95 200	„
Belgien	145 870	„	214 000	„
Luxemburg	3 000	„	7 500	„
Schweiz	1 500	„	14 400	„
Italien	20 780	„	45 000	„
Spanien und Portugal	13 950	„	14 000	„
Summa	2 512 610	Tonnen	3 459 780	Tonnen

Grofsbritannien produzierte also mehr als das ganze übrige Europa zusammen, nämlich 1838 58,8 Proz., 1848 57,1 Proz. der Gesamtproduktion.

Digitized by Google

Im Verhältnis zur Einwohnerzahl war die britische Produktion ebenfalls bei weitem am gröfsten, wie aus nachstehender Zusammenstellung für das Jahr 1843 hervorgeht:

	Eisengewinnung	Einwohner		auf den Kopf der Bevölkerung
England . . .	30 Mill.	26 Mill.	also	$\frac{30}{26}$ Ctr. = 115,5 Pfd.
Frankreich . .	5 „	35 „	„	$\frac{5}{35}$ „ = 14,3 „
Rufsland . . .	6 „	54 „	„	$\frac{6}{54}$ „ = 11,1 „
Belgien	2 „	4 „	„	$\frac{2}{4}$ „ = 50 „
Schweden . . .	1,6 „	3,2 „	„	$\frac{16}{32}$ „ = 50 „
Zollverein . . .	3,2 „	27 „	„	$\frac{3}{27}$ „ = 11,1[1]) „
Preufsen allein .	2,4 „	15 „	„	$\frac{24}{150}$ „ = 16,6 „
Österreich . .	2,7 „	36 „	„	$\frac{27}{360}$ „ = 7,5 „

Von geschichtlichem Interesse sind auch die grofsen Preisschwankungen des Eisens, welche auf dem britischen Eisenmarkte im Verlaufe dieser Periode eintraten und damals bereits auch die Eisenpreise der übrigen europäischen Staaten in Mitleidenschaft zogen. Diese Schwankungen beruhten teilweise auf dem ungleichen Bedarf infolge der Eisenbahnbauten, zum Teil war er die Folge von Handelsspekulationen. Das Eisen war in England und Schottland bereits ein Spekulationsartikel geworden, der besonders in Form von Lagerscheinen (Warrants) börsenmäfsig gehandelt wurde.

Mischler hat in seinem vortrefflichen Werke über das deutsche Eisenhüttengewerbe die Preisbewegung von 1830 bis 1852 in England und Schottland graphisch dargestellt und dadurch sehr verzerrte Kurven erhalten. Der Preis des englischen Stabeisens begann 1830 mit 124 Schilling die Tonne, stieg in auf- und absteigender Linie 1836 bis auf 212 Schilling, fiel dann in Zickzacklinie bis 1839 auf 195 Schilling, von da in jähem Sturze bis 1843 auf 97 Schilling, um von da bis 1847 wieder bis zu 181 Schilling zu steigen, dann aber bis 1850 wieder bis 100 Schilling für die Tonne zu stürzen.

[1]) Hasse hatte 1836 10,31 Pfd. berechnet. Die Eisenerzeugung Deutschlands, S. 359 und 412.

Digitized by Google

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika 1831 bis 1850.

Der Zeitabschnitt von 1831 bis 1850 ist für die Geschichte der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten von Nordamerika von besonderer Wichtigkeit, denn in ihm vollzog sich der wichtige Umschwung, welchen die Verwendung des mineralischen Brennstoffes an Stelle des vegetabilischen zur Folge hatte. Erst 100 Jahre später als in England ging man in Nordamerika zur Verwendung der Steinkohle in der Eisenindustrie über. Der aufserordentliche Reichtum an Holz hatte die Beachtung der noch grofsartigeren Vorräte an mineralischem Brennstoff so lange verzögert. Jetzt aber, wo durch den Bau der Eisenbahnen der Bedarf an Eisen sich rasch steigerte und Massenproduktion erforderte, sah man sich in den Centren der Eisenindustrie, für welche die Herbeischaffung so grofser Holzvorräte bereits schwierig wurde, nach dem konzentrierteren Brennstoff, der Steinkohle, um. Der Reichtum und die Ausdehnung der Steinkohlenablagerungen in Nordamerika war ein ganz aufserordentlicher und die Güte der Kohlen eine vorzügliche. In den grofsen Anthracitlagern Pennsylvaniens war ein Brennstoff von gröfster Reinheit und Heizkraft geboten. Aber auch die bituminösen Kohlen waren ebenso geeignet als Flammkohle wie zur Koksbereitung.

Ungefähr mit dem Jahre 1840 endet die Holzkohlenperiode und beginnt die Steinkohlenperiode in der amerikanischen Eisenindustrie. Doch ist dies nur im allgemeinen zu verstehen. Die erfolgreiche Einführung der Steinkohle in den Hochofenbetrieb hatte keineswegs eine sofortige Verdrängung der Holzkohlenhochöfen zur Folge, vielmehr sehen wir gerade im Gegenteil, dafs dieselbe der Holzkohlenindustrie einen neuen Impuls gab, indem zu keiner Zeit so viele neue Holzkohlenöfen gebaut wurden, wie gerade in den 10 Jahren von 1840 bis 1850. Der Holzreichtum der von den Industriecentren entfernteren Gebiete war eben noch ein sehr grofser. Es waren hauptsächlich die technischen Fortschritte, welche die grofse Steigerung der Eisenproduktion in diesem Zeitraume bewirkten. Von diesen nennen wir die Ausbreitung des Puddelprozesses und der Walzwerke an Stelle der alten Eisenhämmer, die Verwendung des Anthracits und der Steinkohle in den Puddelöfen und den Hochöfen, in Verbindung hiermit die Anwendung des erhitzten Windes. Der Bedarf an Eisen steigerte sich durch den Bau zahlreicher Eisenbahnen. Anfangs bezog man das Eisenmaterial dafür, namentlich die Schienen, noch fast ausschliefslich aus

Digitized by Google

England, und diese Einfuhr wurde begünstigt durch eine freihändlerische Richtung der Zollgesetzgebung. Nachdem die Regierung den grofsen Nachteil der Begünstigung fremder Einfuhr durch eine für die heimische Industrie nachteilige Zollpolitik erkannt hatte, änderte man diese und unterstützte das Streben, die Eisenbahnschienen im eigenen Lande herzustellen. Dies gelang zuerst Peter Cooper im Jahre 1845 in seinem bei Trenton erbauten Schienenwalzwerke. Hand in Hand mit diesen Fortschritten ging eine erstaunliche Entwickelung des Maschinenbaues. Zahlreiche andere Verbesserungen werden wir noch zu erwähnen Gelegenheit haben. Diese technischen Fortschritte waren aber anfangs durch eine der heimischen Industrie feindliche Handelspolitik der Regierung sehr erschwert worden. Es war den reinen Ackerbaustaaten des Südens unter der Führung von Süd-Karolina, welches sogar mit seinem Austritt aus der Union gedroht hatte, gelungen, die Regierung einzuschüchtern und einen niedrigeren Zolltarif im Jahre 1832 durchzusetzen. Dadurch nahm die Einfuhr fremden Eisens ganz aufserordentlich zu, so dafs sie 1836 und 1837 den Wert von 24 Millionen Dollar überschritt. Dies war nicht nur ein grofser Nachteil für die inländische Eisenindustrie, sondern für das ganze Land und führte 1837 zu einer ernsten Handelskrisis, fast zu einem Zusammenbruch der heimischen Industrie. Von da ab strebten die Verständigen nach einem besseren Schutze der Industrie durch entsprechende Einfuhrzölle. Aber erst 1841 kam ein neuer Tarif zustande, der wenigstens einigermafsen das heimische Eisengewerbe schützte.

Die Lage jener Zeit wird am besten beleuchtet in einer von Nichola Biddle im Jahre 1840 zu Ehren des verdienstvollen Eisenindustriellen W. Lyman gehaltenen Rede. „Die Vereinigten Staaten", sagte er, „enthalten nach den besten Schätzungen nicht weniger als 80000 englische Quadratmeilen Steinkohlen, was mehr als das 16fache der Kohlenlager Europas ausmacht. Ein einziges dieser riesenhaften Lager geht in einer Länge von 900 Meilen von Pennsylvanien nach Alabama und umfafst etwa 50000 Quadratmeilen, soviel wie ganz England. In Pennsylvanien allein haben wir 10000 Quadratmeilen Kohlen und Eisen, während ganz Grofsbritannien und Irland nur 2000 Quadratmeilen besitzen, so dafs Pennsylvanien allein fünfmal soviel Kohlen und Eisen enthält, als das Land, dem wir jetzt jährlich 8 bis 10 Millionen Dollar für Eisen bezahlen. . . . Kohlen und Eisen haben Grofsbritannien zu dem gemacht, was es ist, und haben ihm die Macht von 400 Millionen Menschen gegeben und die Fabriken

Digitized by Google

hervorgerufen, welche uns wie die übrige Welt zu ihren Schuldnern gemacht haben; warum sollen wir sie nicht unter den mindestens ebenso günstigen Verhältnissen zu den Werkzeugen unserer Unabhängigkeit machen?“

Von 1843 an folgte dann auch ein grofser Aufschwung der Eisenindustrie, der erst durch die allgemeine Handelskalamität im Jahre 1848 und den darauf folgenden Jahren einen Rückgang erfuhr.

Folgende Zahlen zeigen uns die aufserordentliche Zunahme der Produktion in diesem Zeitraume[1]):

	Roheisen		Schmiedeeisen	
	im ganzen	in Pennsylvanien	im ganzen	in Pennsylvanien
	gr. Tonnen	gr. Tonnen	gr. Tonnen	gr. Tonnen
1830 . . .	137000	47000	90768	?
1840 . . .	286903	98395	197233	87244
1850 . . .	563755	285702	377000	153700

In der folgenden Tabelle stellen wir die Produktion an Roheisen nach R. W. Raymond[2]) und die Preise von Roheisen und Schmiedeeisen pro Tonne nach J. W. Swank für den ganzen Zeitraum zusammen:

	Roheisenproduktion	Preis pro Tonne	
		Roheisen	Schmiedeeisen
Jahr	Tonnen	Dollar	Dollar
1830	165000	35,00	87,50
1831	191000	35,00	85,00
1832	210000	35,00	85,00
1833	218000	38,25	82,50
1834	236000	30,25	82,50
1835	254000	30,25	81,50
1836	272000	41,50	100,00
1837	290000	41,25	111,00
1838	308000	32,25	93,50
1839	326000	30,00	96,50
1840	347000	32,75	90,00
1841	290000	28,50	85,00
1842	230000	28,00	83,50
1843	312000	26,75	77,50

[1]) Nach Swank zum Teil berechnet. Die Gewichtsangaben über die Eisenproduktion in diesem Zeitraume weichen sehr voneinander ab und haben nur zur Vergleichung einen Wert.

[2]) Diese Zahlen beruhen meistens auf Schätzung und können nur annähernd richtig sein.

Digitized by Google

Jahr	Roheisenproduktion Tonnen	Preis pro Tonne Roheisen Dollar	Schmiedeeisen Dollar
1844	394000	28,25	75,00
1845	486000	29,25	93,75
1846	765000	27,88	91,66
1847	800000	30,25	86,04
1848	800000	26,50	79,33
1849	650000	22,75	67,50
1850	563000	20,80	59,54

Bis 1844 beziehen sich die Preise auf Holzkohlenroheisen und Frischstabeisen, von 1845 an auf Anthracitroheisen und Walzeisen.

Die Anwendung des Anthracits und der bituminösen Kohle fand fast gleichzeitig statt.

Einzelne Versuche, Anthracit im Hochofen mit Holzkohle gemischt zu verwenden, waren schon früher gemacht worden. Nach W. Firmstone wäre es bereits im Jahre 1806 Olivier Evans gelungen, Eisen mit Anthracit im Hochofen zu schmelzen[1]). Jesse B. Quinby verwendete 1815 für kurze Zeit $^1/_2$ Anthracit und $^1/_2$ Holzkohle in dem Harfordhochofen in Maryland. Dasselbe Gemisch verwendete Peter Rittner 1824 und 1828 in einem Holzkohlenofen in Perry-County, Pennsylvanien. 1826 errichtete die Lehigh Kohlen- und Schiffahrtsgesellschaft zu Mauch Chunk (Pa.) einen kleinen Ofen, um Eisenerze mit Anthracit zu schmelzen, ohne Erfolge damit zu erzielen. Ein ähnlicher vergeblicher Versuch wurde 1827 zu Kingston in Massachusetts angestellt. Alle diese Versuche waren mit kaltem Winde gemacht. Als aber Neilsons Erfindung der Winderhitzung in Amerika Eingang fand, änderte sich die Sache. Dem Deutschen Dr. Friedrich W. Geifsenhainer[2]) gelang es zuerst, 1830 und 1831 in einem kleinen Versuchsofen zu New-York Eisenerze mit Anthracit bei heifsem Winde zu schmelzen. Im September 1831 meldete er seine Erfindung zum Patent an, das ihm am 19. Dezember 1833 erteilt wurde „für eine neue und nützliche Verbesserung in der Eisen- und Stahldarstellung durch die Anwendung von Anthracitkohle“.. Nach Geifsenhainer war eine hohe Windpressung die Hauptsache, Winderhitzung vorteilhaft. Er baute einen Hochofen Valley furnace am Silver Creek in Shuylkill-County, Pa., etwa 10 engl. Meilen nördlich von Pottsville, worin er mit gutem Erfolge im August

[1]) Siehe Transact. Americ. Inst. of Min. Engin. Vol. III, p. 152.

[2]) Geboren 1771 zu Mühlberg im Kurfürstentum Sachsen.

Digitized by Google

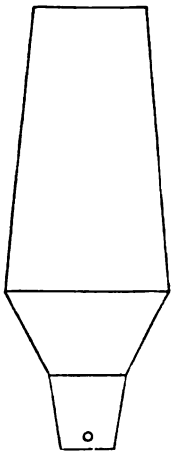
und September 1836 Eisen mit Anthracit schmolz. Er wendete dabei eine Windpressung von 3 bis $3^1/_2$ Pfund auf den Quadratzoll an und erhitzte den Wind. Ehe er noch die geplanten Verbesserungen an seinem Ofen ausführen konnte, starb er am 27. Mai 1838 zu New-York. Geifsenhainer hat grofse Verdienste um die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten. Es verdient hier bemerkt zu werden, dafs Georg Crane, Hochofenbesitzer zu Yniscedwin in Süd-Wales, sein bekanntes Patent für die Verwendung der Anthracitkohle von Wales im Hochofen mit heifsem Winde erst 3 Jahre nach Geifsenhainers Patent nahm. Erst am 7. Februar 1837 hatte Crane diesen Betrieb in England begonnen, allerdings mit solchem Erfolge, dafs er alsbald etwa 36 Tonnen Roheisen die Woche erzeugte. Er konnte aber in Amerika kein Patent erhalten und kaufte deshalb 1838 Geifsenhainers Patent von dessen Testamentsvollstreckern für 1000 Dollar, worauf er sich nur einige Nachträge dazu patentieren liefs. Cranes Agenten erliefsen einen Aufruf wegen der Ausbeutung der Erfindung und 1839/40 bildete sich auf das Betreiben von W. Roberts in Philadelphia, der Cranes Verfahren in England kennen gelernt hatte, die Lehigh-Crane-Eisengesellschaft, die sofort den ersten mit dauerndem Erfolge betriebenen Anthracithochofen im Lehighthal erbaute.

Geifsenhainer war nicht der einzige geblieben, der Anthracit im Hochofen zu verwenden versuchte. 1836/37 hatte auch John Pott in dem Mannheim-Hochofen zu Cressona in Shuylkill-County Versuche gemacht, anfangs bei kaltem Winde mit einem Gemisch von Holzkohle und Anthracit, dann bei heifsem Winde und Anthracit. Der Erfolg war aber gering wegen zu schwacher Windpressung. 1837 baute Jarvis van Buren zu South Easton, Northhampton-County, einen Hochofen, um mit Anthracit zu experimentieren. Im Frühjahr 1838 gelang es ihm auch, 20 Tonnen Roheisen zu schmelzen, doch wurde der Betrieb wegen zu schwachen Windes eingestellt. 1838 wurde zu Mauch Creek von J. Baughman, J. Guiteau und H. High von Reading ein Hochofen gebaut, in dem kurze Zeit hindurch mit 80 Proz. Anthracit und warmem Wind geschmolzen wurde. Der nächste Anthracitofen war der von William Lyman von Boston erbaute Pioneer furnace bei Pottsville. Im Juli 1839 wurde darin der erste Versuch, mit Anthracit zu schmelzen, gemacht, jedoch ohne Erfolg. Am 19. Oktober 1839 wurde der Ofen unter der Leitung von B. Perry von neuem angeblasen und nun wurde ein vollständiger Erfolg erzielt. Man hatte Wind von 600° F., eine Dampfmaschine trieb das Gebläse. Die Wochenproduktion betrug 28 Tonnen und

Digitized by Google

konnte der Betrieb geraume Zeit fortgesetzt werden. Infolgedessen erhielt Lyman den von N. Biddle, Patterson und anderen ausgesetzten Preis von 5000 £ für den amerikanischen Ofen, der in regelmäfsigem Betriebe länger als 3 Monate mit Anthracit schmölze (1840 wurde Lyman wegen seines Erfolges zu Pottsville ein Festessen veranstaltet, wobei Biddle die oben erwähnte Rede hielt). Lyman hatte an Crane 25 cents pro Tonne Roheisen Patentgebühr zu bezahlen. Der Pioneerofen, obgleich mehrfach umgebaut, besteht noch. Diesem folgten 1840 im April der Danvilleofen, im Mai der Roaring Creekofen, beide in Montour-County, im Juni der Phönixvilleofen, dann am 2. Juli der Columbiaofen bei Danville und am 3. Juli der von David Thomas, einem früheren Associer von Crane, erbaute Craneofen, der gröfste der genannten. Sein Erfolg gab die Veranlassung zur Erbauung gröfserer Öfen für den Betrieb mit Anthracit. Dieselben zeichneten sich weniger durch ihre Höhe als durch die Weite des Schachtes aus. Vorstehendes Profil des Phönixvilleofens (Fig. 264) zeigt die Gestalt dieser Öfen. In nachfolgender Zusammenstellung teilen wir die Hauptdaten über die ältesten Anthracithochöfen der Vereinigten Staaten der Reihe nach mit:

Fig. 264.



Namen	Angeblasen am	Höhe m	Weite im Kohlensacke m	Wochenproduktion Tonnen
Pioneerofen . . .	19. Oktbr. 1839	10,67	4,47	40
Danvilleofen . .	April 1840	9,44	2,30	35
Roaring Creekofen	Mai 1840	9,44	2,60	40
Phönixvilleofen .	17. Juni 1840	10,39	2,44	28 bis 30
Columbiaofen . .	2. Juli 1840	10,39	2,60	30 „ 32
Craneofen . . .	3. Juli 1840	12,20	?	50

Der Craneofen wurde bis 1879 betrieben.

Thomas baute noch vier weitere Öfen für die Lehigh-Crane-Company. Der gröfste durch ihn veranlafste Fortschritt bestand in der Einführung starker Dampfgebläsemaschinen von England. Dadurch hauptsächlich hat er dem Anthracitbetrieb den durchschlagenden Erfolg bereitet. Thomas[1]), den man in Amerika als den eigentlichen

[1]) David Thomas war am 3. November 1794 bei Neath in Glamorgan in Süd-Wales geboren. Am 5. Juni 1839 landete er in Nord-Amerika; am 9. Juli begann er mit dem Bau des Craneofens bei Chatasanqua. Hier starb er am 20. Juni 1882.

Digitized by Google

Begründer der Anthracit-Eisenindustrie verehrt, gründete die Thomas-Eisen-Gesellschaft zu Hokendauqua, die lange die Führerschaft in der Anthracitindustrie behauptete.

Die Entdeckung, dafs man Eisenerze mit rohem Anthracit verschmelzen könne, gab nicht nur der Eisenindustrie Pennsylvaniens, sondern auch der der benachbarten Staaten New-York, New-Jersey und Maryland neuen Aufschwung. Der erste Anthracithochofen aufserhalb Pennsylvaniens wurde 1840/41 zu Stanhope in New-Jersey erbaut und am 1. April 1841 angeblasen. 1846 zählte man in Pennsylvanien und New-Jersey schon 42 Anthracithochöfen. Der Anthracit mufste vor dem Aufgeben zerquetscht werden, weil er in groben Stücken decrepitierte. Man bediente sich hierzu der Battinschen Quetschmaschinen, von denen 1848 allein in Pennsylvanien 62 im Betriebe waren.

Die bituminöse Steinkohle, obgleich längst bekannt, fand erst spät beim Hochofenprozefs Anwendung. Alle Versuche vor 1840 hatten keinen durchschlagenden Erfolg gehabt. Auch hier führte erst die Anwendung des heifsen Windes zum Ziele. Der erste 1819 bei Armstrong city, Pa., erbaute Kokshochofen, Bear Creek Furnace, fror schon beim Anblasen ein. Dafs man aber guten Koks aus amerikanischen Kohlen herstellen konnte, galt 1834 als erwiesene Thatsache. Es schien deshalb dem Hochofenbetriebe mit Koks, wie er in England betrieben wurde, nichts im Wege zu stehen. Um dazu anzueifern, setzte 1835 das Franklininstitut in Philadelphia eine grofse goldene Medaille als Preis für denjenigen aus, der während eines Jahres die gröfste Menge Eisen mit bituminöser Kohle oder Koks machte, aber nicht unter 20 Tonnen. Dieses Preisausschreiben gab eine mächtige Anregung. Schon 1835 gelang es dem tüchtigen englischen Hochofeningenieur William Firmstone[1]), etwa einen Monat lang gutes graues Roheisen im Mary Ann Furnace, Huntingdon-County, Pa., mit Koks der Broad-Topkohle zu machen. Firmstone war auch einer der ersten, die mit heifsem Winde bliesen. Er erhob indes keinen Anspruch auf die Medaille, ebensowenig F. H. Oliphant, der 1837 im Fairchanceofen bei Uniontown in Fayette-County weit mehr als 20 Tonnen Roheisen mit Koks erblies. Auch die Regierung des Staates Pennsylvanien stellte Vergünstigungen für die Hütten mit Steinkohlen- oder Koksbetrieb in Aussicht. 1837 machte ein Hoch-

[1]) William Firmstone war am 19. Oktober 1810 zu Wellington in Shropshire geboren, wanderte 1835 nach Amerika aus und starb am 11. September 1877 bei Easton, Pa.

Digitized by Google

ofen zu Farrandsville, Clintor-County, an 3500 Tonnen Roheisen mit Koks, aber es war schlecht und teuer, so dafs das Unternehmen scheiterte. Auch auf der Karthaushütte in Clearfield-County gelang es der Gewerkschaft, im Jahre 1839 unter William Firmstones Leitung Roheisen mit Koks und heifsem Winde zu erzeugen, aber die Transportverhältnisse waren so ungünstig, dafs der Betrieb nicht fortgesetzt wurde.

Den ersten durchschlagenden Erfolg mit bituminöser Kohle erzielten drei Hochöfen im westlichen Maryland; der erste war der Lanaconingofen am Georges Creek, der 1837 erbaut war; 1839 machte er 70 Tonnen gutes graues Eisen die Woche mit Koks. Der Ofen war 50 Fufs hoch, der Wind wurde in Apparaten, die nahe den Formgewölben standen, auf 700° F. erhitzt. Die Gebläsedampfmaschine hatte 60 Pferdekräfte. Den nächsten Erfolg hatten zwei im Jahre 1840 in derselben Gegend am Jennings Creek von der Mount Savage-Eisengesellschaft erbaute Hochöfen, die mehrere Jahre hindurch mit Erfolg mit Koks betrieben wurden. 1841 wurden die ersten Verkokungsöfen, englische Bienenkörbe, zu Connelsville angelegt. Trotzdem machte der Hochofenbetrieb mit Koks nur sehr langsam Fortschritte. 1849 ging in Pennsylvanien nicht ein einziger Ofen mit Koks, und Overman schreibt in seiner Eisenhüttenkunde 1849, es sei ihm in den Vereinigten Staaten kein Hochofen mit Koksbetrieb bekannt. Erst nach dem Jahre 1850 änderte sich dies.

Die erste Anwendung des heifsen Windes in den Vereinigten Staaten hatte William Henry bei dem Oxfordofen in New-Jersey gemacht. Die Erhitzung geschah in Röhren über der Gicht. Für die Nutzbarmachung der Hochofengase hat sich ein Deutscher, C. E. Detmold, der 1844 für Faber du Faur auf dessen Verfahren ein Patent nahm, grofse Mühe gegeben. J. Guiteau soll schon 1840 die Gichtflamme zur Winderhitzung benutzt haben. David Himrod in Youngstone schmolz 1846 zuerst mit roher gewöhnlicher Steinkohle.

Der Erfolg, den man beim Hochofenbetriebe mit Anthracit erzielte, gab Veranlassung, denselben auch in den Puddel- und Schweifsöfen zu benutzen. Die Bostoner Eisengesellschaft hatte schon 1823 Versuche im Schweifsofen damit angestellt, nachdem Cyrus Alger von South Boston in demselben Jahre einen erfolgreichen Versuch mit Anthracit im Kupolofen gemacht hatte. 1825 wurde zum erstenmal auf dem von Jonas und Georg Thompson errichteten Walzwerke Phönixville Anthracit zur Dampfkesselheizung verwendet und zwei Jahre später ebendaselbst auch im Puddelofen. Doch kam die

Digitized by Google

Verwendung des Anthracits zu diesem Zwecke erst seit 1840 in Pennsylvanien in allgemeine Anwendung, nachdem 1839 die Boston-Eisengesellschaft mit gutem Erfolge vorangegangen war. 1846 gab es bereits 27 Walzwerke in diesem Staate, die Anthracit bei den Puddel- und Schweifsöfen und den Dampfkesseln verwendeten.

Einen ungeheuren Aufschwung veranlafste der Bau von Eisenbahnen in Amerika. Trambahnen mit Holzbalken als Schienen hatte man in den Vereinigten Staaten schon seit 1807 verwendet. 1826 belegte die Quincybahn in Massachusetts ihre Holzschienen mit Eisenblechstreifen von 3 Zoll Breite und $^1/_4$ Zoll Dicke. Diesem Beispiele folgten die Mauch-Chunkbahn 1827 und verschiedene andere Bahnen. Am 24. Mai 1830 wurde eine Teilstrecke der Bahn von Baltimore nach Ohio als erste Passagierbahn eröffnet. Vom 6. Dezember 1830 ab wurde ein Stück der Charleston- und Hanbury-Eisenbahn in Süd-Karolina mit einer Lokomotive befahren, die ebenfalls auf Holzschienen mit aufgenageltem Flacheisen lief. 1833 war diese Bahn mit 135 engl. Meilen die längste der Erde. Auf der Allegheny-Portage-Eisenbahn in Pennsylvanien wendete man 1833 zum erstenmal gewalzte Eisenbahnschienen an und zwar englische Clarenceschienen. Auf der Boston-Lowellbahn, die 1835 eröffnet wurde, hatte man teils englische Fischbauchschienen, teils Brückenschienen. Am meisten blieben aber die benagelten Holzschienen in Anwendung, und zwar bis 1850.

Bis zum neuen Zolltarif vom 11. September 1841 gingen alle Eisenbahnschienen frei ein. Unter diesen Umständen war die inländische Industrie aufser stande, Schienen zu fabrizieren, dieselben wurden alle aus England bezogen. Erst nach Einführung des neuen Tarifs, der die Einfuhr von Eisenbahnschienen mit einem Zoll belegte, begannen amerikanische Kapitalisten die Fabrikation von Schienen ins Auge zu fassen. Das Eisenbahnnetz der Vereinigten Staaten wuchs infolge der grofsen Entfernungen, die es miteinander verbinden mufste, sehr rasch; 1844 betrug es bereits 4185 engl. Meilen. Diese waren noch ausschliefslich mit fremden Schienen belegt, indem man bis dahin noch keine Schiene in Amerika gewalzt hatte. In diesem Jahre wurden allein 8300 Tonnen Eisenbahnschienen nach England zur Lieferung vergeben. 1844 begann man im Mount-Savage-Walzwerke in Maryland die ersten Eisenbahnschienen im Brückenschienen- oder H-profil (Evans Patent) zu walzen, wofür diesem Werk im Oktober die vom Franklininstitut ausgesetzte silberne Medaille zuerkannt wurde. Diese Schienen wogen 42 Pfund die Elle und wurden auf hölzerne

Digitized by Google

Längsschienen zwischen Mount-Savage und Cumberland verlegt. Das 1845 eigens für Schienenfabrikation erbaute Montour-Walzwerk zu Danville, Pa., walzte im Oktober die ersten Vignol- oder T-Schienen. 1846 walzten die Boston-Eisenwerke die ersten Kopfschienen in Massachusetts, und das für schwere Schienen 1845 von Cooper und Hewitt zu Trenton erbaute Walzwerk am 6. Mai 1846 die ersten in New-Jersey. Diesen folgte eine Reihe weiterer Werke. Jedoch erlitt die Schienenfabrikation durch den ungünstigen Tarif von 1846 einen Rückschlag, so dafs 1850 von den 15 Schienenwalzwerken der Union nur noch zwei im Betriebe waren. Die Vereinigten Staaten besafsen aber im Jahre 1849 bereits 6440 engl. Meilen Eisenbahn, 444 Meilen mehr als Grofsbritannien. Das Eisenbahnwesen verdankt den Vereinigten Staaten schon in dieser Zeit viele Verbesserungen; so rührt das in Europa als Vignolschiene[1]) bekannte Profil von dem Amerikaner Robert L. Stevens her, der es 1830 für die Camden-Amboy-Eisenbahn walzen liefs. Ebenso ist das Aufnageln der Flügelschienen mit Hakennägeln eine amerikanische Erfindung. Indessen kamen die sogenannten T-Schienen erst nach 1845 in allgemeinere Verwendung. Die Produktion an Schienen in den Vereinigten Staaten betrug 1849 24318 Netto-Tonnen, 1850 44083 Netto-Tonnen; die Einfuhr etwa 160000 Tonnen.

Die Nagelfabrikation blühte nach wie vor in den Vereinigten Staaten. 1840 wurden etwa 1100 Tonnen Nägel ausgeführt. Eine gute Maschine lieferte bis 60000 Blechnägel den Tag.

Das erste Drahtwalzwerk wurde 1839 zu Fall River (Mass.) errichtet. 1843 brannte es ab, wurde dann aber gröfser wieder aufgebaut. Das alte Werk hatte 3 Tonnen in der Schicht geliefert, das neue leistete das Doppelte.

Die Cementstahlfabrikation hatte bis 1831 ziemliche Fortschritte in Nord-Amerika gemacht. Es gab damals 14 Stahlcementieröfen, davon waren 3 in Philadelphia, 3 in New-York und 2 in Pittsburg. Die 14 Werke hatten eine Leistungsfähigkeit von 1600 Tonnen, was dem ganzen früheren Stahlimport gleich gekommen sein würde. Da der aus amerikanischem Eisen bereitete gegärbte Cementstahl von grofser Güte war und dem englischen nicht nachstand, so verdrängte er diesen gröfstenteils. Dagegen mufste Gufsstahl immer noch aus England bezogen werden, da die Versuche, ihn in Amerika zu fabrizieren,

---

[1]) Benannt nach Charles B. Vignoles, einem englischen Eisenbahningenieur, der längere Zeit in Amerika lebte.

Digitized by Google

fast alle fehlgeschlagen waren. Ein einziges Unternehmen hatte für kurze Zeit Erfolg; es war dies die Gufsstahlhütte, die zwei Engländer aus Suffolk, William und John Hill Garrard, 1831 am Miamikanal bei Cincinnati erbauten. Diese bestand aus einem Stahlbrennofen und 2 Stahlschmelzöfen für je 2 Tiegel. Im August 1832 begannen sie den Betrieb und im November machten sie die ersten Sägeblätter aus eigenem Gufsstahl; aufserdem fabrizierten sie Feilen.

Als ihr Erfolg bekannt wurde, boten die Sheffielder Fabrikanten alles auf, diesen Stahl zu diskreditieren und zu unterbieten. Dennoch konnten die Brüder Garrard die Fabrikation fortsetzen bis zu dem kritischen Jahre 1837, in welchem auch sie in dem allgemeinen Sturze der Industrie fallierten.

In Pennsylvanien machten 1841 P. und J. Dunn Gufsstahl für die Firma G. und J. H. Schönberger aus deren Cementstahl, doch nur ein bis zwei Jahre lang. Auch den Cementstahlfabrikanten Coleman, Hailman & Komp. gelang es 1846, versuchsweise ordinären Gufsstahl aus ihrem Brennstahl zu schmelzen. Die Feilenfabrikanten Tingle und Sugden sollen in demselben Jahre ihren eigenen Gufsstahl gemacht haben. Ähnliche Versuche wurden auch in anderen Staaten gemacht. 1848 puddelte die Eisengesellschaft zu Adirondack, New-Jersey, Eisen mit Holz, cementierte es in New-Jersey und schmolz es 1849 im Graphittiegel zu Gufsstahl, der sich als Werkzeugstahl bewährte. James R. Thompson war der erste Leiter dieses Werkes, das bis 1885 betrieben wurde.

Der Brückenbau und der Bau eiserner Schiffe übten ihre günstige Rückwirkung auf die nordamerikanische Eisenindustrie aus, noch mehr aber der Maschinenbau, worin die Amerikaner Originelles und Hervorragendes in dieser Zeit leisteten. Die erste in Amerika gebaute Lokomotive war die kleine Maschine Tom Thumb von Peter Cooper[1]) in Baltimore 1830. Diese Tenderlokomotive mit aus Flintenläufen hergestellten Siederöhren wog noch nicht eine Tonne, war also mehr ein Modell, lieferte aber den wichtigen Beweis, dafs man, entgegen der allgemeinen Ansicht der Ingenieure, mit Lokomotiven auch Kurven fahren könne. Sie wurde mit Anthracit geheizt. Die erste Maschine für den Eisenbahnbetrieb war der Best Friend of Charleston, die in

[1]) Peter Cooper, einer der hervorragendsten Ingenieure und Patrioten der Union, wurde am 12. Februar 1791 in New-York geboren, baute 1845 das erste grofse Schienenwalzwerk bei Trenton und war der erste Eisenindustrielle im Staate New-Jersey. † 4. April 1883 über 92 Jahre alt. Er ist der Gründer des berühmten Cooper-Instituts in New-York.

Digitized by Google

der West-Point-Gieſserei zu New-York nach den Plänen von E. L. Müller erbaut wurde und im Dezember 1830 auf der Charleston-Hanbury-Bahn in Dienst trat. Sie machte viele glückliche Fahrten, bis 1831 der Kessel platzte. Dies war die erste Explosion eines Lokomotivkessels in Amerika, der leider später sehr viele gefolgt sind. Mathias W. Baldwin in Philadelphia baute 1831 nach Entwürfen von H. Allens die erste achträderige Lokomotive und brachte schon 1832 das bewegliche Radgestell (car truck) für die vorderste Radachse an. Diese Einrichtung, welche beim Befahren scharfer Kurven die besten Dienste leistete, fand allgemeine Anwendung bei den amerikanischen Lokomotiven und wurde seitdem beibehalten.

Folgende für die Eisenindustrie Nordamerikas wichtige Erfindungen und Verbesserungen aus jener Zeit verdienen noch erwähnt zu werden. 1832 gründete D. R. Barton seine berühmte Werkzeugfabrik und verbesserte die gewöhnlichen Handwerkszeuge. 1835 erfand Henry Burden[1]) eine Maschine zur Fabrikation von Hufeisen; in demselben Jahre erfand Samuel Cold den Revolver. 1837 führte Morse seinen berühmten Schreibtelegraphen aus. 1842 konstruierten Benjamin und William Douglas die nach ihnen benannten rotierenden Pumpen. 1846 nahm Elias Howe jun. sein erstes Patent auf die Nähmaschine, welche aber erst 1849 Anwendung zu finden begann. 1848 erfand Henry Burden seine Luppenmühle.

Die Entwickelung der Eisenindustrie in den einzelnen Staaten während dieser Zeit können wir nur ganz kurz schildern. In Maine wurde 1845 der erste gröſsere Hochofen, Katahdin furnace, in Piscataquis-County erbaut, der noch vor kurzem in Betrieb stand. Im Staate New-York führte man bei den Luppenfeuern im Champlaindistrikt die Winderhitzung ein. In Troy wurde die Hufeisenfabrikation mit der von Burden 1835 erfundenen Maschine eingeführt; 1844 konnte eine Fabrik 50 Tonnen im Tage fertig machen.

Im Staate New-Jersey wurde 1834 die Winderhitzung bei dem Oxfordofen zuerst angewendet und 1840 der Hochofenbetrieb mit Anthracit eingeführt, wodurch der Holzkohlenbetrieb zum Teil verdrängt wurde. 1845 wurde das erste Schienenwalzwerk bei Trenton von Peter Cooper eröffnet. Die glänzendste Entwickelung nahm die Eisenindustrie in Pennsylvanien. Im Lehighthale wurde 1836 das erste Walzwerk bei South-Easton gebaut. 1842 wurde das Pine-Walzwerk an Stelle des alten Pine-Hammerwerkes erbaut. Auch nach

[1]) H. Burden wurde 1791 in Schottland geboren, † in Troy 1871.

Digitized by Google

Einführung des Anthracitbetriebes wurden im Lehighthale noch zwei Luppenschmieden friedlich weiter betrieben. Der 1837 bei Penn-Forge von Balliet erbaute Hochofen war bis 1886 im Betriebe als der letzte Holzkohlenhochofen im Lehighthale. 1840 führte James M. Hopkins auf dem Conowingo-Hochofen zuerst den Betrieb des Gebläses durch eine Dampfmaschine ein. Die Dampfkessel lagen auf der Gicht und wurden durch die Gichtflamme geheizt. Der Cornwall-Hochofen folgte alsbald diesem Beispiele. Lancaster war damals der wichtigste Mittelpunkt der Eisenindustrie Pennsylvaniens. 1838 gab es in einem Umkreise von 39 Meilen um die Stadt 102 Hochöfen, Hämmer und Walzwerke. 1840 zählte man in Franklin-County 8 Hochöfen und 11 Hammer- und Walzwerke und in der Grafschaft Cumberland 6 Hochöfen und 5 Hammer- und Schmiedewerke. Der erste Hochofen zu Middletown wurde 1833, der Manada-Hochofen bei West-Hannover 1837 von den Grubbs erbaut. Das erste Walzwerk bei Harrisburg entstand 1836. Die grofsartige Eisenindustrie von Lackawanna-County verdankt ihre Entstehung den Scrantons, die 1840 die Lackawanna-Eisen- und Kohlengesellschaft gründeten.

1832 wurde bei dem Paradise-Hochofen der Paradise-Hammer erbaut, der erste nach englischer Weise, d. h. mit Stirnhammer eingerichtete. Der Elisabeth-Ofen bei Antestown in der Grafschaft Blair soll der erste Hochofen mit Gasabführung gewesen sein, die dem Besitzer Martin Bell 1840 patentiert wurde. Im Juniatathale in den Grafschaften Huntingdon, Centre, Mifflin und Blair zählte man 1850 48 Hochöfen, 42 Hammer- und 42 Walzwerke. Die meisten derselben sind verschwunden. Auch in den übrigen Grafschaften wurden viele neue Hütten gegründet und Holzkohlenöfen erbaut, die nicht mehr bestehen; so wurden in Westmoreland-County von 1844 bis 1855 7 Holzkohlenöfen, in Cambria-County 1841 bis 1847 6 Holzkohlenöfen erbaut, die jetzt alle verlassen sind. In Indiana-County entstand der erste Eisenhammer 1837, der erste Hochofen 1840. In Lawrence-County wurde das erste Walzwerk 1839 gegründet. Besonders grofs war die Zahl der neuerbauten Holzkohlenhochöfen in den Grafschaften Armstrong (11), Butler (6), Clarion (28) und Venango (18), zusammen 63. Die grofse Kokshochofenanlage in West-Pennsylvanien, die Great Western Iron Works bei Bradys Bend mit 4 Hochöfen und einem Walzwerke wurden 1840 von Philander Raymond und Anderen gegründet. Das Walzwerk wurde 1843 als Stabeisenwalzwerk erbaut und später in ein Schienenwalzwerk umgewandelt. Die Hochöfen wurden bis 1873 betrieben.

Digitized by Google

In der Grafschaft Allegheny mit der Hauptstadt Pittsburg kam seit 1830 der Puddelprozefs in Aufnahme und verdrängte die Holzkohlenfrischhütten. 1836 gab es in der Grafschaft 9 Walzwerke und 18 Giefsereien und Maschinenfabriken, auch gab es schon 1831 2 Stahlöfen in Pittsburg.

1840 zählte man im Staate Pennsylvanien 298 Holzkohlenhochöfen, 121 Hammerwerke, 6 Renn- und 79 Walzwerke. 1850 wurden alle Hochöfen mit Holzkohlen betrieben, aufser 57 Anthracit- und 11 Kokshochöfen.

Aus nachfolgender Zusammenstellung ersieht man erstens das Verhältnis, in dem die verschiedenen Brennstoffe in den pennsylvanischen Hochöfen in den Jahren 1847, 1849 und 1850 verwendet wurden und zweitens die Wirkung des Rückschlages in der Eisenproduktion, herbeigeführt durch die ungünstigen Geschäftsverhältnisse in diesen Jahren:

Hochöfen	Zahl (1847)	Kapitalanlage	Produktion 1847 Tons	Produktion 1849 Tons	Produktion 1850 Tons
mit Anthracit	57	3 221 000	121 331	109 168	81 351
„ bituminöser Kohle . . .	7	223 000	7 800	4 900	3 900
„ Koks	4	800 000	10 000	—	—
„ Holzkohle mit heifser Luft	85	3 478 500	94 519	58 802	42 555
„ „ „ kalter „	145	5 170 376	125 155	80 155	70 725
„ „ Giefsereien . . .	6	28 700	545	325	280
	304	12 921 576	359 350	253 350	198 811

Im Jahre 1849 lieferten die Hochöfen 253035 Tonnen, die Rennwerke 335 Tonnen, die Hammerwerke 28495 Tonnen und die Walzwerke 108358 Tonnen.

In Delaware wurden die Erze des Iron Hill seit 1847 verschmolzen.

In Maryland wurde zuerst der Kokshochofenbetrieb eingeführt. Nach Overman war der 1837 bei Lanaconing erbaute Hochofen von 50 Fufs Höhe und 14½ Fufs Kohlensackweite der erste mit Erfolg betriebene Koksofen der Vereinigten Staaten, diesem folgten 1840 die zwei grofsen Öfen der Mount Savage Company nordwestlich von Cumberland. 1843 wurde das Walzwerk daselbst erbaut, das 1844 die ersten Eisenbahnschienen für Vollbahnen walzte. Alleghany-County in Maryland hat deshalb die doppelte Ehre, das erste Koksroheisen und die ersten Eisenbahnschienen erzeugt zu haben.

Digitized by Google

In West-Virginien wurde 1832 das erste Walzwerk bei Wheeling von Dr. Pet. Schönberger und David Agnew erbaut. 1836 wurden die Eisenwerke der Tredegargesellschaft bei Richmond, bestehend aus Walzwerk, Gieſserei und Maschinenfabrik, gegründet, deren Besitz im Bürgerkriege von groſser Wichtigkeit für die Südstaaten war, indem hier Geschütze und Munition gegossen wurden.

1840 gab es in Nord-Karolina 8 Hochöfen, die 968 Groſstonnen[1]) Guſseisen, und 43 Renn-, Frisch- und Puddelwerke, die 963 Groſstonnen Schmiedeeisen lieferten.

In Georgia wurden in dieser Periode mehrere Rennwerke und die ersten Hochöfen, darunter Etna furnace, 1837 erbaut.

In Kentucky entstanden nach 1834 etwa 15 Holzkohlenhochöfen, die aber alle wieder eingingen. Ebenso gab es 1830 etwa ein Dutzend Frischhütten, die aber bis 1850 alle wieder verschwunden waren.

In Alabama wurde 1834 Steinkohle von Dr. Jones in Mobile entdeckt, aber bis nach dem Bürgerkriege nicht ausgebeutet. Die beiden 1843 und 1848 zu Polksville und Shelley erbauten Hochöfen waren Holzkohlenöfen. In Nord-Karolina, Ost-Tennessee und Alabama wurden viele Luppenfeuer mit hölzernem Cylinder- und Wassertrommelgebläse betrieben. Da die Bäche vielfach nur nach reichlichem Gewitterregen das genügende Aufschlagswasser lieferten, so nannte man sie scherzweise „Thundergust forges“.

Der Staat Ohio nahm in dieser Periode wichtigen Anteil an den Fortschritten der Eisenindustrie der Vereinigten Staaten. Die Holzkohlenhochöfen am Eriesee gingen meist 8 Monate im Jahre und erzeugten wöchentlich 30 Tonnen Roheisen aus Sumpferzen. John Campbell[2]) verwendete 1836 im Vesuviushochofen zuerst erhitzten Wind, der daraufhin auch auf den anderen Hochöfen des Hanging-Rockbezirkes eingeführt wurde. John Campbell baute mit Anderen nach und nach 11 Hochöfen in diesem Gebiete. Robert Hamilton war der Erste, der 1844 anfing, seinen Hochofen, Pine Grove furnace, über den Sonntag zu dämpfen, was dann allgemein im Hanging-Rockbezirke geschah. Der 1846 erbaute Olive furnace, der noch gehen soll, war in seinem unteren Teile 20 Fuſs hoch, ganz in Sandsteinfelsen eingehauen, dann inwendig ausgemauert und der oberere Teil in Mauerwerk ausgesetzt. Er hatte ein Steingewölbe und zwei Seiten-

[1]) 1 Groſstonne (groſs- or long-ton) = 1015,95 kg; 1 Kleintonne (net- or short-ton) = 907,07 kg.

[2]) John Campbell war 1808 zu Brown-County, Ohio, geboren und war 1891 noch am Leben.

Digitized by Google

gewölbe für die Formen. Das erste Walzwerk in Ohio wurde 1830 zu Cincinnati erbaut. Das ebendaselbst 1845 von Sellers und Lawrence errichtete Globewalzwerk war das erste, das Handelseisen und Bleche lieferte. Ohio hat auch den Ruhm, die erste Gufsstahlhütte (von Garrard) besessen zu haben. Dr. Garrard verwendete nur amerikanisches Material für seinen Gufsstahl.

1845 ging man in Ohio zur Verwendung roher Steinkohle über. Der erste Hochofen hierfür wurde zu Lowell in Mahoning-County 1845/46 von Wilkeson, Wilkes & Komp. erbaut. Dieser Mahoning furnace kam am 8. August 1846 in Betrieb. Da er guten Erfolg hatte, folgten noch mehrere Hochöfen im Mahoningthale.

Im Staate Indiana waren 1840 bereits 7 Holzkohlenhochöfen, die 810 Tonnen Gufseisen machten; aufserdem gab es verschiedene Rennwerke, die Sumpferze verschmolzen.

Die erste Eisenhütte in Illinois wurde 1839 mit dem kleinen Hochofen Illinois furnace 4 Meilen von Elizabethtown in Hardin-County errichtet. 1840 wurden bereits vier Hochöfen angeführt, von denen aber nur zwei im Betriebe waren. In Michigan werden 1840 15 Schmelzöfen (blast furnaces) erwähnt, worunter vermutlich auch die Kupolöfen zum Umschmelzen mit einbegriffen sind, da die ganze Produktion von Roheisen nur zu 601 Tonnen angegeben wird. 1845 bildete sich die Jackson Mining Company, die zuerst die reichen Eisenerzlager am Oberensee ausbeutete. 1846 wurde versuchsweise in einer Luppenschmiede das erste Eisen aus diesen Erzen geschmolzen. Die Gesellschaft begann erst 1847 mit dem Bau des ersten Eisenhammers am Carpeflusse nahe bei den Jacksonbergen. Ariel N. Barney machte 1848 hier das erste Eisen. Es war ein Rennwerk mit 8 Feuern.

In Wisconsin wird 1840 ein Hochofen (?) zu Milwaukee erwähnt, der aber nur 3 Tonnen Eisen im Jahre machte.

Im Staate Missouri wurde 1836 die Aufmerksamkeit auf die grofsartigen Erzlager am Iron Montain und Pilot Knob gelenkt und eine grofse Gesellschaft, die Missouri Iron Company, gegründet. Zwischen 1846 und 1850 wurden mehrere Holzkohlenhochöfen erbaut, von denen sich nur der Pilot Knob furnace erhalten hat. 1846 wurde auch der Melvilleofen in Franklin-County angeblasen. 1850 begann die Eisenindustrie von St. Louis mit dem Bau des Louis- oder Laclede-Walzwerkes.

Folgende Tabelle zeigt die Preisbewegung des amerikanischen Holzkohleneisens in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts:

Digitized by Google

Jahr	Holzkohlenroheisen	Schmiedeeisen
1800	35,75 Doll. pro Tonne	100,50 Doll. pro Tonne
1805	30,75 „ „ „	101,00 „ „ „
1810	38,00 „ „ „	108,00 „ „ „
1815	53,75 „ „ „	144,50 „ „ „
1820	35,00 „ „ „	103,50 „ „ „
1825	46,75 „ „ „	97,50 „ „ „
1830	35,00 „ „ „	87,50 „ „ „
1835	30,25 „ „ „	81,50 „ „ „
1840	32,75 „ „ „	90,00 „ „ „
1845	28,25 „ „ „	75,00 „ „ „

Digitized by Google

Die Zeit von 1851 bis 1860.

Einleitung.

Mit dem Jahre 1851 treten wir in eine sehr wichtige, vielleicht die wichtigste Dekade der Geschichte der Eisenindustrie ein. Sie beginnt mit der ersten Weltausstellung, und in sie fällt die folgenreiche Erfindung Henry Bessemers, das Windfrischen, welches eine vollständige Umwälzung in der Eisenindustrie hervorgerufen und derselben eine ungeahnte Entwickelung gegeben hat. Hierdurch leitet das Jahrzehnt von 1851 bis 1860 zu der neuesten Geschichte des Eisens, die charakterisiert ist durch die Internationalität, die Weltgemeinschaft der Eisenindustrie und durch den Sieg des Flufseisens über das Schweifseisen. Die grofsartige Fülle des Stoffes, welche die zahlreichen Verbesserungen auf allen Gebieten der Eisenindustrie und deren gründliche und umfangreiche litterarische Verarbeitung in diesem Jahrzehnt darbieten, zwingen uns zu möglichster Beschränkung und gestatten uns nur eine knappe, kurze Schilderung des Wichtigsten.

Die erste Weltausstellung.

Die Industrieausstellung aller Völker zu London im Jahre 1851 war eins der gröfsten und erfreulichsten Ereignisse des 19. Jahrhunderts. Zeitlich mitten in dasselbe hineingestellt, bildet diese Weltausstellung eine Leuchte des Friedens, welche die vielen schwarzen Schatten der Zwietracht und der blutigen Kämpfe, die das Bild des 19. Jahrhunderts verunzieren, überstrahlt.

In diesem erhabenen Sinne hatte der edle Prinzregent Albert von England das grofsartige Unternehmen, an dessen Spitze er sich stellte, und dessen Ausführung zu allermeist sein Verdienst ist, aufgefafst und geplant.

Gewerbeausstellungen einzelner Länder waren ja schon viele vorausgegangen, und ihre segensreiche Wirkung auf die Entwickelung

Digitized by Google

der Industrie der betreffenden Länder war zum allgemeinen Bewufstsein gekommen. Aber in der nationalen Beschränkung lag eine Einseitigkeit, ja eine Vergewaltigung des Wesens der Industrie als Kunst und Wissenschaft, welche ihrer Natur nach international ist und nur in der Loslösung von nationaler Beschränkung ihre volle Kraft entfalten kann. Diese erhabene Auffassung der Industrie stand allerdings im Widerspruch mit den überlieferten Anschauungen, aber einmal als Grundsatz erfafst, wurde sie sofort mit Begeisterung ergriffen, weil sie eine Wahrheit war und ein Fortschritt auf dem Gebiete der Erkenntnis.

Dafs die erste Weltausstellung in London stattfand, war natürlich. An keinem anderen Platze wäre sie damals möglich gewesen als in der Hauptstadt des britischen Reiches, welches mit seinen Kolonieen die ganze Erde umspannte und durch seinen Welthandel an der industriellen Thätigkeit aller Länder beteiligt war. Heutzutage darf jede grofse Stadt eines Industrielandes, wenn sie die Sicherheit für die Durchführung des Unternehmens gewährleistet, zu einer internationalen Ausstellung einladen, ein erfreuliches Zeichen, in welchem Mafse der Gedanke der Solidarität der Völker, des Weltbürgertums der Industrie seitdem Wurzel geschlagen hat.

Anfänglich hatte man in England nur eine grofse Gewerbeausstellung für das britische Reich ins Auge gefafst. Der erste Vorschlag für eine solche Ausstellung ohne Staatszuschufs, aber unter der Aufsicht einer königlichen Kommission, war bereits im Jahre 1848 von Prinz Albert gemacht und der englischen Regierung vorgelegt worden. Eine grofse Unterstützung fand diese Bestrebung durch die Polytechnische Gesellschaft, deren Vorsitzender ebenfalls Prinz Albert war. Die Mitglieder derselben waren aber zunächst nur einer britischen Reichsausstellung zugeneigt. Im Geiste des Prinzen gewann aber die Idee einer allgemeinen Weltausstellung immer mehr Gestalt. 1849 trat er damit zuerst an die Öffentlichkeit, indem er sich zugleich an die Spitze des geplanten Werkes stellte. Das Jahr 1851 wurde als Jahr der Ausstellung bestimmt. In einer Festrede, in welcher Prinz Albert über das grofse Unternehmen sprach, sagte er unter anderem: „Es wird niemand, welcher den Bestrebungen unseres Zeitalters einige Aufmerksamkeit geschenkt hat, auch nur einen Augenblick zweifeln, dafs wir in der Zeit eines wunderbaren Überganges leben, welche der Verwirklichung des grofsen Zieles, auf das in der That die ganze Weltgeschichte gerichtet ist, — der Darstellung der Einheit der Menschheit — rasch zustrebt. Nicht einer Einheit, welche die

Digitized by Google

Grenzen niederreifst und die besonderen Charaktere der verschiedenen Nationen der Erde vernichtet, sondern mehr einer Einheit, welche das Ergebnis und Erzeugnis der nationalen Verschiedenheiten und miteinander wetteifernden Volkscharaktere ist." Nachdem er dann ferner betont, dafs das Princip der Gegenwart das der Arbeitsteilung sei, welches auf alle Gebiete der Wissenschaft und des Gewerbefleifses ausgedehnt werde, und dafs dieses ein noch gröfseres Zusammenwirken nötig mache, um der grofsen und heiligen Bestimmung näher zu kommen, fährt er fort: „Die Ausstellung des Jahres 1851 soll uns ein treues Zeugnis und lebendiges Bild von demjenigen Standpunkte der Entwickelung, zu welchem die ganze Menschheit in diesem grofsen Werke gelangt ist, und einen neuen Höhepunkt, von welchem aus alle Völker ihre ferneren Bestrebungen in gewisse Richtungen zu bringen vermögen, geben."

Diese hohe, sittliche Auffassung des Zweckes dieser Weltausstellung hat einen tiefen und dauernden Eindruck gemacht, welcher von den segensreichsten Folgen begleitet war. Keine der folgenden zahlreichen Weltausstellungen, obgleich sie an Umfang diese erste ja weit übertrafen, hat die ideale Bedeutung derselben so zum Ausdruck gebracht, wie die erste Londoner, welcher deshalb stets eine besondere Bedeutung zuerkannt werden mufs.

Am 3. Januar 1850 wurde im Namen der Königin Viktoria der Erlafs der Regierung veröffentlicht, welcher die königliche Kommission für die Weltausstellung im Jahre 1851 mit dem Prinzen Albert an der Spitze ernannte. Unter den vielen verdienstvollen Mitgliedern der königlichen Kommission nennen wir hier nur Dr. Lyon Playfair, welcher sich durch Fleifs und Sachkenntnis ganz besondere Verdienste um die Organisation des Ausstellungsunternehmens erworben hat und als Specialkommissär für die Rohstoffe und Produkte, namentlich auch die Ausstellung für die Eisenhüttenkunde zu ordnen und zu überwachen hatte. Die ganze Ausstellung wurde in vier Sektionen eingeteilt: I. Rohstoffe und Produkte, II. Maschinen, III. Gewerbserzeugnisse, IV. Erzeugnisse der schönen Künste.

Für das Ausstellungsgebäude wurde das geniale Projekt des Architekten Josef Paxton, welcher den ganzen Bau in Eisen und Glas auszuführen vorschlug, angenommen und von den Ingenieuren Fox und Henderson in Birmingham ausgeführt. So entstand der berühmte Krystallpalast, welcher nach der Ausstellung vom Hyde Park nach Sydenham verlegt wurde, wo er heute noch als gröfster

Digitized by Google

Unterhaltungs- und Bildungsplatz Londons, als ein Denkmal der ersten Weltausstellung steht. Er hat 1848 Fuſs Länge, in dem mittleren Teile 456, in den beiden Flügeln 408 engl. Fuſs Breite. Das Gebäude selbst bildete das groſsartigste Ausstellungsobjekt für die Eisenindustrie und für die Verwendung des Eisens als Baumaterial.

Am 1. Mai 1851 wurde die Industrieausstellung aller Völker bei herrlichem Frühlingswetter feierlichst eröffnet. Prinz Albert hielt eine meisterhafte Festrede, und es war ein ergreifender historischer Moment, als er das groſsartige Werk, welches er wohl als seine gröſste Schöpfung betrachten durfte, der Königin Viktoria, seiner erhabenen Gemahlin, mit einer Adresse übergab und diese dem edlen, vielgeliebten Gemahl mit Worten der Anerkennung und des Dankes antwortete.

Für die Eisenindustrie war die Londoner Weltausstellung von 1851 ein Ereignis von allergröſster Wichtigkeit. Indem sie einen Überblick über die neuesten Errungenschaften und Fortschritte gewährte, gab sie deutliche Fingerzeige für die Zukunft. Durch sie wurde zum erstenmale die Bedeutung des Stahles im groſsen und die Massenstahlbereitung der Welt vor Augen geführt. Die Eisenindustrie begriff sofort den neuen Kurs, und von dieser Zeit datieren die raschen und groſsartigen Fortschritte in der Stahlfabrikation, das Zeitalter des Stahles. Ein Deutscher, Alfred Krupp, Inhaber des Guſsstahlwerkes von Friedrich Krupp zu Essen, war es, der den gröſsten Erfolg durch seine groſsen und vorzüglichen Guſsstahlstücke errang, denen kein anderes Land, selbst England, die Heimat des Guſsstahles, Ähnliches zur Seite stellen konnte. Das Hauptstück von Krupps Ausstellung war ein reiner Guſsstahlblock von 2150 kg Gewicht. Heute sind wir geneigt zu sagen, von nur 2150 kg, aber damals erschien dieser Block als etwas ganz Auſserordentliches, noch nicht Dagewesenes. Der Guſsstahlblock war durchaus gleichförmig und seine Verwendbarkeit hatte Krupp an einigen auf das feinste polierten Walzen, an Federn und Achsen für Eisenbahnwagen, an einer sechspfündigen Kanone, sowie an mehreren anderen Gegenständen gezeigt. Diese Stücke erwiesen die Möglichkeit, Guſsstahl in vielen Gewerbszweigen und für Stücke zu verwenden, wofür man sich bis jetzt mit dem schwächeren Eisen beholfen hatte. Die Firma Friedrich Krupp erhielt denn auch allein von allen Stahlfabrikanten, und obgleich die berühmtesten englischen Guſsstahlfabriken ausgestellt hatten, die höchste Auszeichnung, die groſse Verdienstmedaille (Council Medal) „für Guſsstahl ausgezeichneter Qualität, mit Nachweisung neuer Anwendungen“. Dadurch wurde Krupps Name . allgemein

Digitized by Google

bekannt und kam in aller Mund. Die berühmten Sheffielder Stahlfabriken von Johnson, Cammel & Komp. (Cyclops works), S. Cocker & Sohn, Turton & Söhne und Naylor, Vickers & Komp., die bis dahin als unerreicht und unerreichbar gegolten hatten, mufsten sich mit zweiten Preisen begnügen. Deutschlands Eisenindustrie durfte wohl stolz sein auf diesen Triumph.

Das Geheimnis Krupps bei seiner Fabrikation, von dem man damals und in dem folgenden Jahrzehnt vielfach fabelte, bestand, abgesehen von dem ausgezeichneten Material, in nichts anderem als der vortrefflichen Organisation in Anlage und Betrieb seiner Schmelzöfen, die es ermöglichte, in kurzer Zeit eine grofse Zahl Tiegel in eine Sammelpfanne zu entleeren, aus welcher dann der Gufs erfolgte. Unterstützt wurde derselbe durch die zweckmäfsige Anlage der Schmelzöfen in Verbindung mit gemeinschaftlichen hohen Essen und grofsen Schmelztiegeln, von denen jeder etwa 90 Pfd. fafste.

Es war aber nicht allein der deutsche Gufsstahl, welcher die Aufmerksamkeit der Besucher der Londoner Weltausstellung auf sich zog, auch in der Fabrikation des Puddelstahles hatte Deutschland die besten Leistungen aufzuweisen. Lehrkind, Falkenroth & Komp. zu Haspe und Böing, Röhr & Lefsky hatten Puddelstahl ausgestellt. Erstere erhielten für „E. Riepes patentiertes Verfahren, im Puddlingsofen Stahl zu erzeugen“ [1]), die Preismedaille. Es handelte sich hierbei nicht mehr um Versuche, sondern um eine vollständig etablierte Fabrikation, und hierin waren die Deutschen, und zwar speciell in Westfalen, vorausgegangen. Auch das deutsche Rohstahl- oder Spiegeleisen, welches besonders das Siegerland ausgestellt hatte, erregte die Aufmerksamkeit der englischen Eisenindustriellen, welche dieses Rohmaterial, das für sie in der Folge von so grofser Wichtigkeit werden sollte, hier zuerst kennen lernten.

Betrachten wir die Ausstellung der Eisenindustrie auf der ersten Londoner Weltausstellung im ganzen, so war dieselbe keineswegs vollständig oder ihrer Wichtigkeit entsprechend. Selbst die englische Ausstellung, obgleich dieselbe natürlich bei weitem am umfassendsten war, liefs in dieser Beziehung zu wünschen übrig.

Eine vortreffliche Zusammenstellung aller englischen Eisenerze hatte S. Blackwell in Dudley ausgestellt. Dieselbe wurde von ihm dem neugegründeten geologischen Museum (Museum of Pratical Geology) geschenkt. Gleichzeitig stellte Blackwell dem

[1]) Vergl. S. 616.

Digitized by Google

Professor John Percy die Summe von 500 £ zur Verfügung, um die wichtigsten britischen Erze analysieren zu lassen. So hat diese Sammlung auch in wissenschaftlicher Hinsicht eine historische Bedeutung erlangt, indem sie die Grundlage der gründlichen Arbeit über die englischen Eisenerze, welche Percy in seiner Metallurgie von Stahl und Eisen 1864 (S. 404 ff.) veröffentlicht hat, geworden ist. In dieser Sammlung waren namentlich die schwarzen Kohleneisensteine (black band) von Schottland und Süd-Wales vollständig vertreten, welche auch die Aufmerksamkeit der preufsischen Sachverständigen auf sich lenkten, infolgedessen man bald danach in Westfalen ähnliche Erze, auf welche bereits der kurhessische Bergamtsassessor Schreiber aufmerksam gemacht hatte, die man aber bis dahin als taube Schiefer betrachtet und auf die Halde gestürzt hatte, als Eisenerz erkannte, ihnen Beachtung zuwendete und eine neue wichtige Hochofenindustrie darauf gründete[1]). Ferner wurden durch diese Ausstellung die der Liasformation angehörigen Erze des Clevelanddistriktes, welche auch erst in den letzten Jahren als Eisenerze erkannt worden waren, und welche die Grundlage der Roheisengewinnung des Middlesboroughgebietes geworden sind, zum erstenmale dem Publikum vorgeführt. Dieses unscheinbare Gestein von grünlichgrauer Farbe, welches in einer mächtigen Ablagerung von 15 bis 17 Fufs ein Glied des mittleren Lias in Nord-Yorkshire bildet und sich meilenweit am Rande der Clevelandhügel, zu Tage anstehend, erstreckt, sieht einem Eisenerze durchaus unähnlich. Nur durch die Verwitterung nimmt das grünliche Gestein eine braune Farbe an, die seinen Eisengehalt verrät. Aber erst 1847 wurde es von den berühmten Eisenhüttenbesitzern Bolkow und Vaughan als ein schmelzwürdiges Eisenerz erkannt, und eine grofsartige Roheisenindustrie von denselben darauf gegründet[2]). Bolkow war ein geborener Mecklenburger und Vaughan ein ehemaliger Eisenarbeiter von Dowlais; beide zusammen gründeten 1840/41 ein kleines Puddel- und Walzwerk bei Middlesborough. Dies war der kleine Anfang der riesigen Industrie, die sich in der Folge an diesem Platze entwickelt hat. 1845 oder 1846 bauten sie zuerst auch mehrere kleine Hochöfen zu Witton Park bei Bishop Auckland (Durham). Sie fanden aber nicht hinreichend Erz an Ort und Stelle, wie sie gehofft hatten, und mufsten das Witbyerz von der

[1]) Vergl. Percy, Iron and Steel, p. 203.

[2]) Näheres über diese wichtige Entdeckung findet sich in einem Berichte von Isaac Lowthian Bell in den Reports of the British society for the advancement of science 1863, deutsch Tunners Jahrbuch 1866, S. 69.

Digitized by Google

Seeküste beziehen, bis sie 1850 ganz in der Nähe die Fortsetzung dieses Erzlagers auffanden. Percys Analysen der charakteristischen Stücke der Blackwellschen Sammlung wies nach, dafs es in der Hauptsache aus einem Eisenkarbonat, gemischt mit einem löslichen Eisensilikat, bestand. Es ist kein reiches Erz — sein Eisengehalt beträgt etwa 33 Proz. —, aber gutartig und leichtschmelzig, mit einem Phosphorsäuregehalt von $1^1/_2$ bis 2 Proz.

Süd-Wales, der wichtigste Eisendistrikt Englands, dessen Produktion damals auf 700 000 Tonnen, die auf 48 Eisenwerken mit 208 Hochöfen dargestellt wurden, geschätzt wurde, war durch eine vollständige Ausstellung der Erzeugnisse der Ebbw-Vale-Werke vertreten, welche den Hochofen-, Puddel- und Walzwerksbetrieb zur Anschauung brachten. Ein besonderes Ausstellungsstück bildete eine 63 Fufs lange, 1200 Pfund schwere Eisenbahnschiene der Cwm-Avon-Iron-Comp., welche gleichzeitig ihre renommierten Schwarz- und Weifsbleche vorführte.

Von der Eisenausstellung Mittel-Englands sind geschweifste und emaillierte Eisenblechröhren und Wellbleche von Selby und Jones hervorzuheben. Die aus Blech gebogenen Röhren von 1 bis 7 Zoll Durchmesser wurden in einem eigens konstruierten Schweifsofen erhitzt und über einem Dorne zwischen vier kleinen Walzen geschweifst. Das Glasemail, mit dem sie überzogen wurden, war eine 1849 in England patentierte Erfindung von E. E. Paris in Paris[1]).

Die Eisenindustrie von Yorkshire erregte besonderes Interesse durch die Ausstellung von Qualitätseisen, welches Low-Moor und Bowling zur Anschauung brachten. Die Darstellung dieses durch seine Güte weltberühmten Schweifseisens zog besonders die Aufmerksamkeit der deutschen Eisentechniker auf sich, welche die Werke zu Low-Moor besuchten und dort neue Verbesserungen und Methoden kennen zu lernen hofften, aber sie mufsten sich überzeugen, dafs auch hier nur die grofse Sorgfalt der Auswahl und Behandlung der Materialien die Vorzüglichkeit des Produktes bedingten. Diese Sorgfalt wendete man schon der Auswahl der Erze und Kokssorten zu, obgleich dieselben alle von Natur gut sind. Alle Erze wurden geröstet und nur mit kaltem Winde zu Roheisen verblasen. Dieses wurde zu strahligem Feinmetall raffiniert und in kleinen Chargen von 270 Pfund Gewicht im Puddelofen zu Luppeneisen verarbeitet. Charakteristisch für den Betrieb war, dafs das Zängen und Schweifsen fast nur unter Hämmern

[1]) Über deren Zusammensetzung und Behandlung siehe Amtlicher Bericht der deutschen Zollvereinsstaaten über die Londoner Ausstellungen 1851, S. 207.

Digitized by Google

geschah, indem das Walzwerk nur zur Vollendung der Form, wo es nötig erschien, angewendet wurde. Das Zängen der Luppe wurde unter dem Stirnhammer vorgenommen. Zu den 32 Puddelöfen der alten und der neuen Hütte waren 3 kleine und 1 grofser Dampfhammer, sowie 12 Hammerwellen mit je 2 Stirnhämmern zum abwechselnden Gebrauch vorhanden. Die besseren Sorten wurden auch noch unter einem Schwanzhammer planiert, dessen breite Amboſsfläche von einem Gebläseluftstrome bespült wurde, um sie beständig von abfallendem Glühspan rein zu halten und dadurch den Stäben eine ganz glatte Oberfläche zu geben. Diese grofse Zahl von Hämmern gaben dem Betriebe in Low-Moor ein charakteristisches Gepräge. Eigenartig war auch die Herstellung der besten Eisensorte Nr. 3 (L. M. B. = Low-Moor Best). Die hierfür bestimmten Luppen wurden unter dem Hammer zu etwa 1 Zoll dicken Platten ausgeschlagen. Diese wurden dann kalt unter einer Brechmaschine (Fallwerk) in handgroſse Stücke zerbrochen, welche nach dem Bruchansehen sortiert, die gleichartigen auf Holzunterlagen zu kubischen Haufenpaketen von etwa 1 Ctr. zusammengelegt und so in den Schweiſsofen gebracht wurden. Das schweiſswarme Paket wurde unter dem Hammer zu einem kubischen Stück geschlagen, das eine zweite Hitze erhielt und zu einem länglichen Stück ausgereckt wurde, welches das Materialeisen für die Walzeisensorten bildete. In einem Schweiſsofen wurden gewöhnlich 12 Haufenpakete auf einmal eingesetzt. Um Radreifen (Tyres) zu machen, wozu man das Eisen Nr. 3 verwendete, machte man die Haufenpakete, von denen je vier einen Radreif gaben, etwas schwerer (110 bis 115 Pfd.). Je zwei wurden nach dem Zängen aufeinandergelegt und zusammengeschlagen, worauf sie in einen zweiten Schweiſsofen kamen. In der zweiten Hitze wurden dann wieder je zwei dieser unter dem Hammer geschweiſst und zu quadratischen Stäben ausgereckt, die dann in mehreren Hitzen in Gesenken in Tyresform geschmiedet und zum Schlusse mit nur vier Durchgängen fertig gewalzt wurden. Die Tyres von Low-Moor, welche wegen ihrer grofsen Güte berühmt waren, bestanden also nur aus einer Eisensorte und zwar aus weichem, aber körnigem, dichtem und vollkommen geschweiſstem Eisen[1]). — Low-Moor lieferte auch Stabeisen für die Cementstahlfabrikation.

Eine Neuheit der englischen Ausstellung waren die verzinkten

[1]) Näheres über die Eisenfabrikation der Low-Moor-Werke findet man in Tunners Ausstellungsbericht im Leobener Jahrbuch 1852, Bd. II, S. 127 und in einem Aufsatze von Th. Ulrich, Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuſsischen Staate, Bd. IV, S. 217.

Digitized by Google

Bleche (galvanized iron) von Morewood & Rogers in London. Um dieselben darzustellen, wurden die Schwarzbleche erst in eine verdünnte Lösung von Chlorzinn mit granuliertem Zinn eingelegt, wodurch sie sich mit einer dünnen Zinnhaut überzogen. Diese bewirkte den gleichmäfsigen Überzug von Zink bei dem darauffolgenden Durchzuge der Bleche durch geschmolzenes Zink.

In feinen Blechen hatte die österreichische Abteilung das beste aufzuweisen; es waren dies die feinen Senglerbleche (Papierbleche — black taggers) des Baron von Kleistschen Hüttenwerkes zu Neudeck in Böhmen. Sie erregten in England, das in der Blechfabrikation unbedingt die erste Stelle einzunehmen glaubte, grofses Aufsehen. Die Verhandlungen bei der Jury gaben Veranlassung, dafs einige der bedeutendsten englischen Eisenhütten sich eigens bemühten, gleich gute und gleich schöne Bleche zu fabrizieren, aber sie waren es nicht imstande — und gestützt auf dieses Faktum, wurde dieser ganz unbedeutend scheinende Gegenstand mit Zuerkennung der grofsen Medaille ausgezeichnet. Tunner fügt hinzu, dafs, abgesehen von gutem Material und vorzüglichen Walzen, die Fabrikation dieser Bleche nur von einem kleinen Kunstgriffe im Glühen und Auswalzen, wodurch sie nur einen feinen gleichen Glühspanüberzug und dadurch das schöne Äufsere erhielten, abhinge.

Morries Stirling hatte sein „zähgemachtes Gufseisen“ (toughened cast iron) ausgestellt, dem aber, trotz der Reklame, der preufsische und der österreichische Ausstellungskommissär (P. Tunner) wenig Vertrauen schenkten[1]). Ebenso verhielt sich Tunner skeptisch gegen Stirlings patentiertes Verfahren, kaltbrüchiges Stabeisen durch Zusatz von Zink oder Galmei im Puddelofen zu reinigen und zu verbessern. Solches Eisen, sowie auch sogenanntes gehärtetes oder entfasertes Eisen, angeblich eine Verbindung von Eisen mit wenig Zink, ferner ein Glockenmetall (Stirlings Union Metal), welches hauptsächlich aus Eisen und Zinn bestehen sollte, hatte Stirling ebenfalls vorgeführt.

In Bezug auf Stahlfabrikation bot die englische Ausstellung trotz der Beteiligung der gröfsten Sheffielder Firmen nichts Neues.

In der belgischen Abteilung hatte Seraing ordinären Gufsstahl, aus einer Mischung von Roheisen und Stabeisen erzeugt, ausgestellt. Obgleich das Produkt gut aussah, sprach Tunner damals dieser Fabrikationsmethode den Erfolg ab[2]). Das Verfahren selbst war nicht

---

[1]) Siehe den Zollvereinsbericht und Tunner, a. a. O., S. 141.

[2]) Siehe Tunner, a. a. O., S. 160.

Digitized by Google

neu, vielmehr oft zuvor versucht und zuletzt 1845 von Josiah Marchall Heath in England patentiert worden.

Seraing und Sclessin hatten auch den Stahlpuddelprozefs bereits eingeführt und benutzten Puddelstahl für die Laufflächen der Tyres, wie sich Tunner auf den Werken selbst überzeugte.

J. Fischer in Mühlenthal bei Schaffhausen hatte seinen Meteorstahl genannten Gufsstahl und daraus gefertigte Artikel ausgestellt. Diese verdienen Erwähnung, weil Fischer einer der ältesten und verdienstvollsten Gufsstahlfabrikanten des Kontinents war und weil ferner aus einer seiner Ausstellung beigefügten Zeichnung seines Schmelzverfahrens hervorging, dafs er sich des Vorwärmens der Tiegel und der erhitzten Gebläseluft beim Schmelzen bediente, ein grofser Fortschritt bei der Gufsstahlfabrikation, welche indes auch bereits auf anderen Werken, wie zu Jenbach und Eisenerz, Eingang gefunden hatte. Dieses Verfahren gestattete Fischer, seinem Werke die Bezeichnung „Stabeisengiefserei" beizufügen.

In der deutschen Abteilung müssen, aufser den bereits angeführten Ausstellern, Huth & Komp. in Hagen mit Roh-, Puddel-, Cement-, Gufs- und Raffinierstahl und Peter Harkort & Sohn zu Wetter an der Ruhr mit Roh-, Cement- und Raffinierstahl, noch F. Lohmann in Witten, welcher adoucierten Stahl ausstellte, genannt werden. Es war dies in Stangen gegossenes Rohstahleisen, das ohne Schmelzung entkohlt (adouciert) war. Natürlich enthielt das Produkt alle Verunreinigungen des Roheisens, war aber doch als ordinärer Stahl verwendbar. Ob dieser nach Bremmes Patent vom 22. November 1849 dargestellt wurde, war nicht angegeben. Bremme adoucierte Roheisenstäbe, indem er sie mit Thon umkleidete, 24 bis 60 Stunden in einem grofsen Flammofen der Rotglut aussetzte und auf diese Weise Stahl erhielt. Schon 1846 hatte David Vorster zu Eilpe bei Hagen durch Adoucieren von Rohstahleisen Stahl zu machen versucht.

Einen ähnlichen adoucierten Stahl hatte H. W. Schneider zu Ulverstone in Lancashire ausgestellt. Derselbe war durch Glühen mit Roteisenstein im Flammofen entkohltes Roheisen. Diesem Verfahren, welches der Fabrikation des schmiedbaren Gusses nahe verwandt war, reihte sich das Patent von V. Onions vom 7. Februar 1851 an. Dieser schmolz 2 Tle. gepulverten Hämatit, 4 Tle. Stahl und 94 Tle. Gufseisen im Tiegel zusammen und gofs die Masse in beliebige Formen aus. Die so erhaltenen Gufsstücke wurden dann in Kisten mit Hämatit oder verwandten Stoffen eingepackt und 120 Stunden lang der Rotglut ausgesetzt.

Digitized by Google

Versuche in Haspe, den Puddelstahl nur durch anhaltendes Glühen zu raffinieren, hatten keinen besonderen Erfolg gehabt, und man war wieder zu dem üblichen Gärbverfahren zurückgekehrt.

Das grofse Eisenwerk von Motala in Schweden hatte ein sehr gleichartiges körniges Puddeleisen, welches im Bruchansehen dem deutschen Puddelstahl ähnlich war, ausgestellt.

Chenot hatte nach seinem patentierten Verfahren (s. S. 613) hergestellte Schwämme und daraus erzeugtes Eisen und Stahl ohne Schmelzung [1]) ausgestellt. Die Schwämme waren harte, steinartige Massen von brauner Farbe. Grofse Beachtung fand die Ausstellung damals nicht. Der Erfinder machte der Société d'Encouragement einige Mitteilungen über sein Verfahren. Danach erfolgte die Reduktion der Erze durch Gas, welches durch Kohle und Wasserdampf erzeugt wurde. Bei dem Ausschweifsen wurde die Gangart abgeschieden. Der Eisenschwamm lieferte durch das blofse Schweifsen derselben in Flammöfen oder Frischfeuern mit mehr oder weniger Kohlenzusatz Gufseisen, Gufsstahl oder Schmiedeeisen.

Gröfsere Beachtung fand mit Recht der in England noch fast unbekannte Gasofenbetrieb, welcher in der deutschen Abteilung durch das Modell eines zum Puddeln bestimmten Ofens von Bischoff, in der österreichischen Abteilung aber durch die vorzüglichen, im Gasflammofen erzeugten Eisensorten der gräflich v. Eggerschen Werke Lippitzbach, Feistritz und Treibach zur Anschauung gebracht war. Der geringe Holzaufwand bei dem Gasbetriebe erregte Erstaunen.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung ersieht man, wieviel Neues die Eisenabteilung der Londoner Weltausstellung von 1851 bot, und in der That ging auch eine mächtige Anregung von derselben aus.

Ein allgemeiner Aufschwung der Industrie folgte der grofsen Industrieausstellung in London, der zum Teil durch diese veranlafst, zum Teil durch die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse bedingt war.

Die Revolution vom Jahre 1848 hatte eine glänzende Entwickelungsperiode der Eisenindustrie, welche im Jahre 1847 ihren Höhepunkt erreicht hatte, gewaltsam unterbrochen. Die Jahre der Begeisterung und der Unklarheit, welche folgten, konnten den wirtschaftlichen Fortschritt nicht fördern; derselbe begann erst wieder, nachdem Ordnung und Ruhe zurückgekehrt waren. Die Entwickelung Frankreichs, von dem alle Beunruhigungen Europas im 19. Jahrhundert ausgegangen sind, war hierfür von besonderer Wichtigkeit.

[1]) „Sans fusion de la fonte, mais par Electromotions, resultants d'oxydations et de reductions alternatives", lautete die geheimnisvolle Aufschrift.

Digitized by Google

Die Macht und das Ansehen des am 10. Dezember 1848 zum Präsidenten der französischen Republik erwählten Prinzen Louis Napoleon wuchs von Jahr zu Jahr, so dafs die monarchische Spitze sich mehr und mehr befestigte und die Regierung Frankreichs festen Halt gewann. Napoleon hatte den engen Anschlufs Frankreichs an England und die Beförderung der Arbeit und der Industrie auf seine Fahne geschrieben, was wesentlich zu seinen politischen Erfolgen, sowie zum Gedeihen der französischen Industrie beigetragen hat. Der Staatsstreich vom 2. Dezember 1851 und die Proklamation des Kaiserreiches unter Napoleon III. waren Etappen auf dieser Bahn und die mit diesen Ereignissen verbundenen Beunruhigungen konnten den siegreichen Fortschritt der Industrie vorläufig nicht aufhalten. Dem Auslande gegenüber beteuerte Napoleon seine Friedensliebe. Keine Wolke schien den Frieden Europas zu bedrohen.

Ebenso knüpfte in Deutschland die gedeihliche Entwickelung der Eisenindustrie nach den Aufregungen der Revolution von 1848 und 1849 zu Anfang der 50er Jahre wieder an die blühende vormärzliche Zeit an. Auf die deutsche Eisenindustrie hat die Londoner Weltausstellung besonders günstig eingewirkt. Sie stärkte das Selbstbewufstsein der deutschen Eisenindustriellen durch die Anerkennung und Auszeichnungen, welche ihnen zu teil wurden, und durch die Erkenntnis, dafs die bewunderte englische Industrie in technischer Beziehung keinen unerreichbar grofsen Vorsprung hatte. Dazu kam ein handelspolitisches Moment, welches für die Entwickelung der deutschen Eisenindustrie damals von grofser Wichtigkeit war: die Beibehaltung des Roheisenzolles. Dieser war bekanntlich erst am 1. September 1844, nachdem die deutsche Eisenindustrie durch die Konkurrenz der mit hochentwickelter Steinkohlen-Eisenindustrie ausgestatteten Länder England und Belgien dem Untergange nahe gebracht worden war, eingeführt worden. Er betrug 1 Mark (10 Silbergroschen) für den Zollcentner. Für Belgien war aber von vornherein ein Ausnahmetarif von nur 50 Pfennigen (5 Silbergroschen) für den Zollcentner festgesetzt worden. Dieser für die deutsche Hochofenindustrie sehr nachteilige Ausnahmesatz hatte seinen Grund darin, dafs die neuentstandenen Puddel- und Walzwerke mit Steinkohlenbetrieb im Rheinlande und Westfalen ihr Roheisen gröfstenteils aus Belgien bezogen und es als feststehend angenommen wurde, dafs diese Gebiete aufser stande seien, ihren Roheisenbedarf selbst zu produzieren. Es war die Meinung verbreitet, die Steinkohlen der Ruhr seien zu schwefelhaltig und ungeeignet für den Hochofenbetrieb und es gäbe keine schmelz-

Digitized by Google

würdigen Eisenerze in diesem Gebiete. Wie unrichtig diese Annahmen waren, bedarf keines Nachweises. Damals aber wurden sie von den Freihändlern als unanfechtbare Lehrsätze behauptet. Die theoretischen Anschauungen im deutschen Zollvereine waren aber freihändlerisch und es herrschte infolgedessen eine grofse Geneigtheit, den Roheisenzoll wieder abzuschaffen oder herabzusetzen. Gegen diese Anschauung und gegen die Begünstigung Belgiens kämpften aber nicht nur die Eisenindustriellen selbst, sondern auch sachverständige, klar sehende Volkswirtschaftler, unter denen besonders Wilhelm Öchelhäuser und P. Mischler sich auszeichneten. Diese wiesen in ausführlichen und gründlichen Schriften, indem sie die Lage der deutschen Eisenindustrie in ihrem Verhältnisse zum Auslande zahlenmäfsig klarstellten, die Notwendigkeit des Schutzzolles für die deutsche Roheisenindustrie nach. Diese zeit- und sachgemäfsen Ausführungen hatten denn auch den gewünschten Erfolg, zum grofsen Segen für die Entwickelung der deutschen Eisenindustrie. Zunächst wurde der Roheisenzoll beibehalten; am 18. Februar 1852 wurde die Vergünstigung Belgiens auf die Hälfte herabgesetzt, d. h. der Roheisenzoll auf 75 Pfennige ($7^1/_2$ Silbergroschen) für den Zollcentner erhöht und dann vom 1. Januar 1854 ab die differentielle Vergünstigung des belgischen Eisens überhaupt aufgehoben, also auch für belgisches Roheisen der Einfuhrzoll auf 1 Mark für den Centner festgesetzt.

Diese gemäfsigte, weise Schutzzollpolitik hat in Verbindung mit technischen Gründen die grofsartige Roheisenindustrie in Rheinland und Westfalen geschaffen. Die Entwickelung derselben, besonders in den Jahren 1851 bis 1857, bietet ein anziehendes Schauspiel. Die Londoner Ausstellung war dafür von unmittelbarer Bedeutung. Diese hatte den deutschen Eisenindustriellen die ungeheure Wichtigkeit des Kohleneisensteines (black band) für die englische Eisenindustrie vor Augen geführt. Nun hatte es sich gefügt, dafs der kurhessische Hüttenmeister Schreiber um dieselbe Zeit das Vorkommen von ganz ähnlichem Kohleneisenstein im Ruhrgebiete nachgewiesen hatte. Eine gewaltige Aufregung entstand im Ruhrgebiete, die Unternehmungslust wurde entfesselt, zahlreiche Hochofenwerke entstanden, von denen wir die grofse Anlage zu Hörde besonders erwähnen.

Um aber diese Ereignisse in ihrer technisch-historischen Bedeutung würdigen zu können, ist es notwendig, die Fortschritte der 50er Jahre systematisch zu betrachten. Wir geben deshalb zunächst einen kurzen Überblick über die schriftstellerischen Leistungen in diesem Zeitabschnitte.

Digitized by Google

Übersicht der Litteratur von 1851 bis 1860.

Allgemeine Werke:

Valerius, Handbuch der Roheisenfabrikation, und Overmann, The manufacture of steel, welche 1851 erschienen, wurden bereits S. 387 erwähnt; ebenso Flachat, Barrault et Petiet, Traité de la fabrication de la fonte et du fer, wovon 1851 eine neue, verbesserte Auflage herauskam. Zu Valerius, Handbuch der Stabeisenfabrikation, erschien 1851 und zu dem Handbuch der Roheisenfabrikation 1853 ein Ergänzungsheft. 1850 gab Rammelsberg sein Lehrbuch der chemischen Metallurgie heraus. 1853 erschienen von Th. Scherers Lehrbuch der Metallurgie die zwei ersten Lieferungen des zweiten Bandes, welche die Gewinnung des Roheisens behandelten und auf welche leider weitere Lieferungen nicht mehr gefolgt sind. 1852 veröffentlichte J. A. Philipps: A manual of metallurgy or practical treatise on the chemistry of the metals, welches bereits 1854 eine zweite Auflage erlebte. Lardners Cabinet Cyclopaedia brachte 1853 a treatise on the progressive improvement and present state of the manufactures in metal, iron and steel; 2 vols.

1855 folgte Bruno Kerls Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde in vier Bänden, von denen der dritte die Eisenhüttenkunde in umfassender Weise behandelt. In demselben Jahre erschien in England: W. Truran, The iron manufacture of Great Britain mit 23 Tafeln, welches, obgleich es wissenschaftlich nicht auf der Höhe der deutschen Werke stand, allgemeine Beachtung fand, weil der Verfasser, welcher Hüttendirektor bei John Guest in Dowlais und dann bei Crawshay zu Hirwain und Forrest gewesen war, ein hervorragender praktischer Hüttenmann war und die englische Litteratur ein gröfseres Werk über Eisenhüttenkunde noch nicht hervorgebracht hatte. Auch gab das Werk, welches viel Neues über englische hüttenmännische Verhältnisse enthielt, durch zum Teil sehr einseitige Verbesserungsvorschläge des Verfassers Veranlassung zu wichtigen Erörterungen in den Fachzeitschriften. 1857 folgte: G. Wilkie, The manufacture of iron in Great Britain.

In Deutschland sorgte C. Hartmann reichlich für Litteratur, indem er alle im In- und Auslande erschienenen Fachschriften zu eigenen Werken verarbeitete. Die wichtigsten derselben sind oben (S. 385 etc.) schon angeführt. Sein praktisches Handbuch der Roh- und

Digitized by Google

Stabeisenfabrikation, drei Bände mit Atlas, war eine Übersetzung und Bearbeitung von der oben genannten zweiten Auflage des Werkes von Flachat, Barrault et Petiet. In seiner „Bereitung und Verarbeitung des Stahls" hatte er ebenso das Buch von Overmann benutzt. P. Tunners Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden oder der wohlunterrichtete Hammermeister erlebte 1858 eine zweite, verbesserte Auflage. 1860 gab Weniger seinen praktischen Schmelzmeister heraus, ein Buch für Praktiker ohne wissenschaftliche Vorbildung.

In Frankreich erschien 1861: Traité théorique et pratique de la métallurgie du fer par C. E. Jullien nebst Atlas mit 52 Tafeln, wovon bereits in demselben Jahre eine deutsche Bearbeitung von C. Hartmann erschien.

Über einzelne Teile der Eisenhüttenkunde und der Eisenindustrie erschienen zahlreiche, zum Teil vorzügliche Schriften. Unter diesen nennen wir:

F. Le Play, Grundsätze, welche die Eisenhüttenwerke mit Holzbetrieb und die Waldbesitzer befolgen müssen, um den Kampf gegen die Hütten mit Steinkohlenbetrieb erfolgreich führen zu können; deutsch von C. Hartmann 1854.

P. Tunner, Bericht über die auf der Pariser Welt-Industrieausstellung von 1855 vorhandenen Produkte des Bergbau- und Hüttenwesens; Wien 1855.

L. Wachler, Geschichte des ersten Jahrhunderts der königlichen Eisenhüttenwerke zu Malapane vom Jahre 1755 bis 1854; Glogau 1856.

C. Zerenner, Einführung, Fortschritt und Jetztstand der metallurgischen Gasfeuerung in Österreich, 1856.

A. Gurlt, Die Roheisenerzeugung mit Gas oder die Verhüttung der Eisenerze mit indirekter Benutzung des Brennmaterials, 1857.

Delvaux de Fenffe, Fabrication de l'acier puddlé en Allemagne, 1857.

T. X. M. Zippe, Geschichte der Metalle, 1857.

In demselben Jahre Guettiers vorzügliches Werk: De la fonderie; hiervon Paris 1858 schon die zweite Auflage.

P. Tunner, Das Eisenhüttenwesen in Schweden, 1858.

L. Wachler, Betrachtungen über die jetzige Lage des Hochofenbetriebes und der Stabeisenerzeugung in Oberschlesien; 2. Bde., Oppeln 1857 und 1858.

D. Henveaux, Mémoire sur la construction des laminoirs, 1858; deutsch bearbeitet von C. Hartmann, 1859.

Digitized by Google

The Iron Manufactures Guide to Furnaces, Forges and Rolling Mills of the United States with discussion of Iron etc. by J. P. Lesley, Secretary of the American Iron Association, 1859.

1860 gab Theodor Richter Plattners Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde heraus.

Verschiedene, sehr bemerkenswerte statistische Schriften erschienen besonders zu Anfang der 50er Jahre.

W. Öchelhäuser, Vergleichende Statistik der Eisenindustrie aller Länder und Erörterung ihrer ökonomischen Lage im Zollverein, 1852.

P. Mischler, Das deutsche Eisenhüttengewerbe vom Standpunkte der Staatswirtschaft, 2 Bde., 1852 und 1854.

W. Öchelhäuser, Die Eisenindustrie in ihrer neuen Entwickelung, 1855.

In enger Beziehung zu dem Eisenhüttenbetriebe stehen noch folgende Werke:

Rammelsberg, Lehrbuch der chemischen Metallurgie; Plattner, Die metallurgischen Röstprozesse, 1856; C. Schinz, Die Wärmemefskunst und deren Anwendung zur Konstruktion von Apparaten für die Industrie, 3 Bde. mit Atlas, 1858.

Grofsartig entwickelte sich in dieser Periode die Fachzeitschriftenlitteratur. Zu den alten, bereits früher erwähnten, wie Annales des mines, Karsten und v. Dechens Archiv, welches aber durch Karstens Tod mit dem Jahrgange 1855 schlofs, C. Hartmanns Berg- und hüttenmännischer Zeitung, Hausmanns Studien des göttingischen Vereins bergmännischer Freunde, Jern-Kontorets Annaler erschienen neu: P. Tunner, Berg- und hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Montan-Lehranstalten zu Leoben und Přibram von 1851 an; seit 1856 fortgesetzt von Grimm. J. B. Kraus, Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann des österreichischen Kaiserstaates, seit 1848. Bergmännischer Kalender, Jahrbuch für den Berg- und Hüttenmann; Freiberg, von 1852 an. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen in dem preufsischen Staate von R. v. Carnall, seit 1854. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen von O. v. Hingenau, seit 1853. Der Berggeist, Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen und Industrie, seit 1856 in Köln.

Aufser den genannten brachten wichtige Beiträge zur Eisenhüttenkunde Dinglers Polytechnisches Journal, seit 1820; Polytechnisches Centralblatt, seit 1835; Der Bergwerksfreund, seit 1839; Journal für praktische Chemie von Erdmann und Marchand, seit

Digitized by Google

1834. Annalen der Physik und Chemie von Poggendorff. Försters Allgemeine Bauzeitung, seit 1839. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, seit 1857; Mechanics Magazine, seit 1823; The London Journal of Arts; Le Génie industriel, seit 1851.

Mining Journal und The mining magazine, London seit 1855.

Wagners Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie, seit 1855.

Über den mechanischen Teil der Eisenhüttenkunde findet sich Wichtiges in Redtenbachers Resultaten des Maschinenbaues von 1848 und in den folgenden Ausgaben und in J. Weisbachs Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik, 5 Bde. (1845 bis 1860), besonders in Bd. III.

Ein nützliches und lehrreiches Unternehmen waren die Veröffentlichungen von Originalzeichnungen wichtiger Anlagen, Apparate und Maschinen durch den Verein „Die Hütte“ in Berlin.

Lehranstalten 1851 bis 1860.

An diese kurze Übersicht über die Litteratur des Eisens in diesem Jahrzehnt knüpfen wir einige Nachrichten über die Gründung neuer Lehranstalten, insbesondere solcher für Berg- und Hüttenkunde an.

Als die wichtigste und grofsartigste nennen wir zuerst die Royal School of Mines — die königliche Bergschule — welche in Verbindung mit dem Museum of practical Geology 1851 in London eröffnet wurde. Es geschah dies durch Prinz Albert, den Gründer der Anstalt, im unmittelbaren Anschlufs an die Londoner Weltausstellung im Monat September. Direktor wurde der berühmte Geologe de la Beche, dem später R. Murchinson folgte; Lehrer der Bergbaukunde war Warrington Smyth; Lehrer der Hüttenkunde wurde Playfair, dem aber schon im folgenden Jahre der berühmte Chemiker John Percy folgte, welcher an dieser reich ausgestatteten Anstalt Gelegenheit fand, seine zahlreichen metallurgischen Untersuchungen anzustellen und sein grofses Handbuch der Metallurgie zu verfassen.

In Deutschland erweiterte sich die schon 1810 gegründete Bergschule zu Klausthal zu einer höheren Lehranstalt für Berg- und Hüttenwesen, welche durch vortreffliche Lehrer grofse Anziehungskraft ausübte und sich einen bedeutenden Ruf erwarb. Von den Lehrern nennen wir Bergrat Römer, Bergrat Koch, Maschinenmeister Jordan, Dr. Streng, vor allem aber Bruno Kerl, der sich um Probierkunst und Hüttenkunde hochverdient gemacht hat.

Digitized by Google

Ende der 50er Jahre entschloſs sich auch Preuſsen zur Gründung einer Bergakademie: durch allerhöchste Ordre vom 1. September 1860 wurde die Königliche Bergakademie in Berlin ins Leben gerufen.

Die Gründung mehrerer gröſserer Fachvereine fällt ebenfalls in dieses Jahrzehnt. 1856 wurde der Verein Deutscher Ingenieure gegründet, 1860 entstand der Technische Verein für Eisenhüttenwesen, der sich aber bald dem erstgenannten als Zweigverein anschloſs.

In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika war am 6. März 1855 die American Iron und Steel Association in Philadelphia ins Leben getreten.

Chemie 1851 bis 1860.

Die Fortschritte der Naturwissenschaft übten einen belebenden Einfluſs auf die Eisenindustrie aus. Besonders hatte sich die Chemie als eine unentbehrliche Gehülfin der Technik zugesellt. Die chemische Wissenschaft bildete die wichtigste Grundlage der Technologie. Sie hatte durch Berzelius und noch mehr durch Liebig eine hervorragend praktische Richtung eingeschlagen. Liebigs Laboratorium zu Gieſsen wurde nicht nur eine Lehrwerkstätte für viele ausgezeichnete Chemiker, das Laboratorium selbst wurde eine Musteranstalt. Alle Universitäten, Bergakademieen und technischen Hochschulen in Deutschland beeiferten sich ebenfalls, chemische Laboratorien zu bauen und einzurichten, welche zu segensreichen Lehranstalten erblühten, die den deutschen Chemikern eine vortreffliche hervorragende Bildung gewährten zum Nutzen unseres Vaterlandes und zum Heil der gesamten Industrie.

Noch waren es in den 50er Jahren die Untersuchungen der unorganischen Verbindungen und Körper, auf welche die meiste Arbeit und Kraft verwendet wurden. Die hervorragendsten Chemiker, unter denen wir hier besonders Wöhler, Mitscherlich, Heinrich Rose und Rammelsberg nennen, widmeten ihre Kräfte diesem Gebiete. Die analytische Chemie machte von Jahr zu Jahr neue Fortschritte, fortwährend wurden neue, bessere und einfachere Methoden zur Bestimmung einzelner Bestandteile aufgefunden, und vortreffliche Lehrbücher machten es dem Chemiker leicht, den richtigen und besten Weg für die Analyse unorganischer Verbindungen zu finden. H. Rose, Rammelsberg, Fresenius, Will und Wöhler gaben ausgezeichnete Lehrbücher der analytischen Chemie heraus. Die chemisch-analytischen Arbeiten nahmen einen immer wachsenden Umfang an. Jede Universität, jedes Laboratorium trug dazu bei und veröffentlichte Resul-

Digitized by Google

tate. Aber auch die grofsen Eisenhütten richteten Laboratorien ein und stellten Hüttenchemiker an, um ihre Rohmaterialien und ihre Produkte zu untersuchen. Die Zahl der auf das Eisen und die Eisenindustrie bezüglichen Analysen vermehrte sich dadurch von Jahr zu Jahr und es ist ganz unmöglich, dieselben im einzelnen aufzuzählen. Nur einige wichtigere Arbeiten wollen wir erwähnen. Roheisenanalysen veröffentlichten Karsten, Scherer, Rammelsberg, Wöhler, Fresenius, Schafhäutl, Fuchs, Bromeis, Brunner, v. Mayrhofer, Rob. Richter, Max Buchner[1]), Durocher, F. A. Abel[2]), Percy und viele Andere. Viel zahlreicher noch sind die Analysen von Eisenerzen und Schlacken, und werden wir Gelegenheit haben, einzelne derselben noch anzuführen.

Die analytische Chemie des Eisens wurde durch neue Untersuchungsmethoden bereichert. Unter diesen führen wir nur einige an, welche für die Hüttenchemie von besonderer Bedeutung waren. Penny bestimmt den Eisengehalt mafsanalytisch durch eine Normallösung von doppeltchromsaurem Kali, bis Kaliumeisencyanid keinen blauen Niederschlag mehr giebt. Dasselbe Verfahren empfahl 1852 Schabus. Ullgren, der sich grofse Verdienste um die Roheisenanalyse erworben hat, erfand 1850 ein Verfahren der Phosphorbestimmung[3]). Eggertz, Professor an der Bergschule zu Fahlun, gab 1857 eine kalorimetrische Bestimmung des Schwefels im Roheisen an. Danach löst man 1 dcg des zu untersuchenden Eisens in einer bestimmten Menge verdünnter Schwefelsäure in einem Glaskolben. In den Hals des Gefäfses hängt man ein blankes Silberblech 15 Minuten lang. Enthält das Roheisen Schwefel, so färbt sich das Silberblech und aus dem Grade der Färbung erkennt man die Menge des Schwefelgehaltes, indem man das Blech mit einer Farbenskala vergleicht. Bei blauer bis bläulichbrauner Färbung erhält man aus dem Roheisen beim Frischen mit Holzkohlen nur rotbrüchiges Eisen, bei tombakbrauner Färbung läfst sich bei sorgfältigem Puddeln noch brauchbares, kaum rotbrüchiges Eisen erzielen. Ist die Färbung nur strohgelb, so ist der Schwefelgehalt überhaupt nicht schädlich. Fr. Field empfahl zur Trennung des Eisens von Mangan Kochen der Oxydlösung mit Bleioxyd oder kohlensaurem Bleioxyd. Hierdurch

[1]) Siehe Wien. Akad.-Berichte, Bd. XXV, S. 231. — Polytechn. Centralblatt 1858, S. 59.

[2]) Analysen von Roheisensorten, welche zum Geschützgufs verwendet werden, in Quart. Journ. of the Chem. Soc., vol. IX, 1856, p. 202. — Journ. f. prakt. Chem., Bd. LXX, S. 213.

[3]) Siehe Berg- u. hüttenm. Ztg. 1851, S. 667.

Digitized by Google

wird das Eisen gefällt, während das Mangan in Lösung bleibt [1]). v. Kobell empfiehlt zur Kohlenstoffbestimmung im Eisen die Auflösung desselben in reinem Kupferchlorid. Hierbei bleibt der gesamte Kohlenstoff im Rückstande und läfst sich dann durch Verbrennung bestimmen.

Die Bestimmung des Phosphors in metallischem Eisen und Eisenerzen machte Fortschritte durch verbesserte Verfahren von Ullgren [2]), besonders aber durch die epochemachende Untersuchung von Sonnenschein über die molybdänsauren Salze und die Anwendung der Molybdänsäure zur Bestimmung der Phosphorsäure [3]), welche die Grundlage der späteren Phosphorbestimmung wurde.

Über die Konstitution der Eisensorten, insbesondere hinsichtlich ihres Kohlenstoffgehaltes, wurden in den 50er Jahren viele neue Ansichten geäufsert, verteidigt und angegriffen, ohne dafs dadurch diese schwierige Frage gelöst wurde.

Man nahm ziemlich allgemein Karstens Ansicht an, dafs es eine bestimmte Eisenkohlenstoffverbindung, das Viertelkarburet, Fe^4C, gäbe, welche als reines Spiegeleisen dargestellt werde, beziehungsweise dafs reines Spiegeleisen Viertelkarburet des Eisens sei. Die meisten Eisensorten enthalten aber weniger Kohlenstoff und zeigen andere Eigenschaften als das Spiegeleisen.

Le Play leitete die Eigenart des Stahles nicht von seiner chemischen Mischung, sondern von seiner Entstehung ab, indem er behauptete, dafs Stahl nur aus bestimmten Erzen, den Stahlerzen, dargestellt werden könne.

Fuchs [4]) verwarf (1852) überhaupt die Ansicht, dafs die aufserordentlich verschiedenen Eigenschaften der Eisensorten sich durch verschiedene Kohlenstoffverbindungen des Eisens erklären lassen. Er nahm vielmehr an, dafs das Eisen dimorph sei und in tesseralen und in hexagonalen Formen krystallisiere. Die Verschiedenheit der Krystallisation bedinge die verschiedenen Eigenschaften. Das tesserale Eisen sei geschmeidig, das hexagonale sei hart und spröde wie das Spiegeleisen. Die meisten Eisensorten, namentlich auch der Stahl, seien Gemenge beider, wobei der eine oder der andere isomorphe Zustand vorherrsche. Diese Erklärung wäre ganz einleuchtend gewesen, wenn sie sich hätte begründen lassen. Eisen krystallisiert

---

[1]) Siehe Dinglers polytechn. Journ., Bd. CXLVI, S. 315.

[2]) Siehe Verhandlungen der Schwedischen Akademie der Wissenschaften 1850, Nr. 3 und Journ. f. prakt. Chemie 1851, S. 33.

[3]) Siehe Erdmanns Journal f. prakt. Chemie 1851, S. 339.

[4]) Siehe Poggendorffs Annalen, Bd. 86, S. 159.

Digitized by Google

im regulären oder tesseralen System, das ist eine erwiesene Thatsache, die hexagonale oder rhomboëdrische Krystallisation desselben ist hypothetisch.

Dr. A. Gurlt[1]) stellte 1855 die Theorie auf, dafs es aufser dem Viertelkarburet, Fe^4C, Spiegeleisen, welches hexagonal krystallisiere, noch ein niedrigeres Achtelkarburet, Fe^8C, gäbe, welches tesseral krystallisiere, und dafs Stabeisen ein Gemenge oder eine Legierung von reinem Eisen und diesem Achtelkarburet sei. Er analysierte reguläre Eisenkrystalle des Geschützeisens von Finspong und fand dieselben dem Achtelkarburet entsprechend zusammengesetzt. Damit will er die Existenz des Achtelkarburets bewiesen haben. Nach seiner Annahme bildet sich im Hochofen aus den entsprechenden Erzen bei einer gewissen Temperatur und der Anwesenheit von hinreichendem Kohlenstoff mit Kohlenstoff gesättigtes Eisen, Spiegeleisen, Fe^4C = 94,88 Eisen und 5,12 Kohlenstoff. Fehle es an Hitze oder an Kohlenstoff, so bilde sich kein Spiegeleisen, sondern kohlenärmeres Eisen, luckiger Flofs. Würde dagegen Spiegeleisen über seine Entstehungstemperatur hinaus erhitzt, so verwandele es sich in eine niedrige Kohlungsstufe, Achtelkohleneisen, unter gleichzeitiger Ausscheidung von Kohlenstoff in Form von Graphit; es entstehe graues oder schwarzes Roheisen. Aus der Kombination von reinem Eisen, Achtelkarburet, Viertelkarburet und Graphit erklärt Gurlt alle vorkommenden Eisensorten.

Von dieser Theorie Gurlts läfst sich dasselbe sagen wie von der von Fuchs; sie war einleuchtend, aber durchaus unerwiesen. Tunner, der nur das Viertelkarburet als eine bestimmte Kohleneisenverbindung anerkannte, hat nachgewiesen, dafs, wenn die Eisenkrystalle von Finspong, welche Gurlt untersuchte, die Zusammensetzung eines Achtelkarburets hatten, dies nur zufällig gewesen sein könne, indem die auf seine Veranlassung von Robert Richter untersuchten Eisenkrystalle von Lölling ganz anders zusammengesetzt waren. Ebenso zeigte Rammelsberg, dafs die Analysen, auf welchen Gurlt sein Lehrgebäude errichtet hatte, keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen konnten.

Buchner und Schafhäutl, welche viele Versuche über Eisenkohlenstoffverbindungen anstellten, verwarfen sogar die Ansicht, dafs Spiegeleisen ein Viertelkarburet des Eisens sei.

---

[1]) Siehe Bergwerksfreund 1855, Nr. 18 bis 25. — Berg- u. hüttenm. Ztg. 1855, Nr. 49 bis 52.

Digitized by Google

Lohage und v. Mayrhofer dagegen nahmen nicht nur die Existenz des Achtelkarburets des Eisens, sondern noch die einer ganzen Reihe von Eisenkarbureten an. Lohage bezeichnete das Achtelkarburet als einen mit Kohlenstoff gesättigten Stahl, den gewöhnlichen Stahl aber als ein Gemisch von verschiedenen Kohlungsstufen von ungleichen Eigenschaften.

Karl v. Mayrhofer will in jeder Eisensorte ein besonderes Karburet erkennen. Für die verschiedenen Arten des Roheisens stellte er folgende Reihe auf[1]):

1. Luckiger Floſs, $Fe^{12}C$ oder $Fe^{6}C$ (Zwölftelkarburet); 2. feinkörniges, blumiges Roheisen, $Fe^{5}C$; 3. körnig-krystallinisches Roheisen, $Fe^{4}C$; 4. strahliges Roheisen, $Fe^{3}C$; 5. Spiegeleisen, $Fe^{2}C$. Nun folgen die graphithaltigen Roheisensorten: 6. Halbiertes, körniges Roheisen, $Fe^{3}C + nC$; 7. halbiertes strahliges Roheisen, $Fe^{4}C + nC$; 8. körniges graues Roheisen, $Fe^{5}C + nC$; 9. schwarzgraues Roheisen, $Fe^{6}C + nC$. In gleicher Weise bildet v. Mayrhofer eine Reihe für den Stahl, dessen Zusammensetzung angeblich zwischen den Endgliedern $Fe^{7}C$ und $Fe^{18}C$ liegt.

Diese Formeln mögen ein gewisses theoretisches Interesse darbieten, nachweisen lassen sich die durch sie ausgedrückten Verbindungen nicht; eine praktische Bedeutung ist ihnen nicht beizumessen. Die verschiedenen Eisensorten enthalten stets neben dem Kohlenstoff noch andere Substanzen, welche zum Teil den Kohlenstoff substituieren und dadurch die Konstitution des Eisens verändern. Die Gesetze der Substitution des Kohlenstoffs im Eisen waren aber noch ganz unbekannt. Gurlt nahm allerdings bereits folgende allgemeine Formel der Zusammensetzung des Roheisens an: $(Fe, Mn)^{4}C$, $Fe^{3}C$, $(Fe, Mn)^{4}Si$, $(Fe, Mn)^{4}P$, $(Fe, Mn)^{8}S$ etc. Hierbei unterstellte er also, daſs Silicium, Phosphor und Schwefel den Kohlenstoff unmittelbar substituieren. Daſs dem aber so ist, läſst sich weder erweisen, noch ist es wahrscheinlich. Beobachtungen wiesen vielmehr darauf hin, daſs die Metalloide wenigstens zum Teil unter sich Verbindungen bilden, welche in die Konstitution des Roheisens eintreten.

Die Annahme der Substitution der Metalloide und ihrer konstitutionellen Bedeutung im Eisen führte aber zu einer gröſseren Beachtung derselben. Man betrachtete sie nicht mehr schlechthin als Verunreinigungen des Eisens, sondern suchte ihren Einfluſs auf die

---

[1]) K. v. Mayrhofer, Studien des Hochöfners in Tunners Jahrbuch 1861, Bd. X, S. 277.

Digitized by Google

Eigenschaften derselben genauer zu erforschen. Vor allem war es das Silicium, von dem man erkannte, dafs es den Kohlenstoff im Eisen bis zu einem gewissen Grade ersetzen und verdrängen konnte. Während das weifse Roheisen selten über $^1/_2$ Proz. Silicium enthielt, betrug der Siliciumgehalt im grauen Roheisen meist 3 Proz., steigerte sich aber namentlich beim Schmelzen strengflüssiger, saurer Beschickungen mit heifsem Winde bis zu 8 Proz. Je mehr das Silicium im Eisen zunahm, je mehr verminderte sich der Gehalt an gebundenem Kohlenstoff. Man hatte in einem schottischen Giefsereiroheisen an 13 Proz. Silicium bei nur 1 Proz. Kohlenstoffgehalt nachgewiesen. Der Kohlenstoff selbst bewirkt bei hoher Temperatur im Gestell die Reduktion der Kieselsäure. Während Gurlt einfache Substitution nach den Äquivalenten annahm, sollten nach Mayrhofer sechs Atome Kohle durch ein Atom Silicium vertreten werden, eine Annahme, die sich in keiner Art beweisen läfst. Fest stand dagegen schon damals, dafs, während das Eisen nur eine beschränkte Menge Kohlenstoff — nach Karsten höchstens bis 5,92 Proz. — aufzunehmen vermag, das Eisen sich mit viel gröfseren Mengen Silicium in nahezu unbegrenzten Verhältnissen verbindet. Nach Schafhäutl sollte das Silicium als Kohlenstoffsilicium, als Kohlenstickstoff und Stickstoffsilicium, als Siliciumeisen und Schwefelsilicium im Roheisen vorhanden sein, doch existiere es auch in elementarer Gestalt, vielleicht mit etwas Kohle und Schwefel verbunden, darin.

Wöhler[1]) entdeckte krystallisiertes Silicium, und dafs dieses auch im Roheisen vorkommt, wurde durch Untersuchungen von Richter[2]) wahrscheinlich gemacht. Nach Deville[3]) existiert das Silicium in drei allotropischen Zuständen, amorph, graphitähnlich und krystallisiert, und zeigt auch hierin eine grofse Analogie mit dem Kohlenstoff.

Gegen Ende der 50er Jahre kam zuerst von Lohage und Bessemer die Ansicht zum Ausdruck, dafs ein gewisser Gehalt an Silicium im Roheisen sowohl beim Puddel- wie beim Bessemerprozefs vorteilhaft und erwünscht sei. Dagegen schrieb Jannoyer dem Silicium die Ursache aller Fehler des Eisens zu und wollte dasselbe durch hohen Kalkzuschlag und Bildung einer basischen Schlacke von der Zusammensetzung $B^{20}S^{19}$ austreiben.

Wie der Siliciumgehalt bei dem mit heifsem Winde erblasenen Roheisen durchschnittlich um $^1/_3$ bis $^1/_2$ Proz. höher gefunden wurde, so nahm

[1]) Siehe Annales de Chim. et de Phys., 3. s., vol. 47, p. 116, 1856.
[2]) Siehe Jahrbuch von Leoben 1862, Bd. XI, S. 289.
[3]) Annales de Chim. et de Phys., 3. s., vol. 49, p. 62 bis 78.

Digitized by Google

man dasselbe auch für den Phosphor an. Namentlich behauptete der Engländer Wrighton 1849 dies durch eine Reihe von Analysen von Staffordshirer Roheisensorten bewiesen zu haben. David S. Price und E. Chambers Nicholson [1]) untersuchten diese Frage genau, fanden obige Annahme nicht bestätigt, sondern kamen zu folgenden Ergebnissen: 1. Bei der Tiegelprobe geht aller Phosphor des Eisenerzes in den Eisenkönig; 2. geht ebenso bei den gewöhnlichen Eisenerzen — Thon- und Kohleneisensteinen — aller Phosphor in das grau erblasene Roheisen, mag der Betrieb mit heifsem oder mit kaltem Winde geführt worden sein; 3. bei der Produktion von weifsem Roheisen geht dagegen nur ein Teil des Phosphors in das Eisen und enthalten die Schlacken Phosphorsäure in nachweisbaren Mengen.

Über den Schwefelgehalt des Roheisens machte Jannoyer Untersuchungen [2]), durch die er nachwies, dafs Schwefel den Kohlenstoff im Roheisen verdränge, und zwar soll dies unter gleichzeitiger Verflüchtigung von Schwefel durch Bildung von Schwefelkohlenstoff vor sich gehen. Ersteres hatte Karsten schon früher durch Versuche erwiesen, letzteres wurde von Karsten bestritten. Dafs man dem Schwefelgehalt der Erze und Brennmaterialien durch basische Beschickung und Bildung sehr kalkreicher Schlacke zu begegnen suchte, war im praktischen Hochofenbetriebe bereits allgemein gebräuchlich. Rob. Richter bewirkte 1860 die Entschwefelung des Roheisens im Puddelofen mit gutem Erfolge durch Zusatz von Bleiglätte oder auch von metallischem Blei. Jannoyer wollte gefunden haben, dafs der Schwefel die nachteiligen Wirkungen des Phosphors neutralisiere.

Dafs Stickstoff in vielen Eisensorten vorhanden ist, hatte Schafhäutl nachgewiesen. Da die von ihm mitgeteilten Zahlen aber auffallend hoch waren, so hatte Marchand 1850 genaue Untersuchungen darüber angestellt und dabei allerdings Stickstoff in verschiedenen Roheisensorten gefunden, aber nie mehr als 0,015 Proz. [3]). Aus seinen Untersuchungen schliefst er, dafs ein Stickstoffgehalt im Roheisen und Stahl im allgemeinen nicht mit Sicherheit angenommen werden könne, dafs er aller Wahrscheinlichkeit nach niemals 0,02 Proz. erreiche und dafs aller Stickstoff, dessen Gegenwart sicher nachgewiesen worden sei, fremden eingeschlossenen Stoffen angehöre, und dafs deshalb der Stickstoff nicht als ein wesentlicher Bestandteil von Roheisen oder Stahl angesehen werden könne.

[1]) Siehe Pract. Mechanics Magazine, Januar 1856, p. 236.
[2]) Siehe Annales des mines, 4. ser., t. XX, 20.
[3]) Siehe Annalen der Chem. und Pharm. 1852.

Digitized by Google

Das direkte Gegenteil behauptete der Franzose Fremy gegen Ende dieses Zeitabschnittes. Er erklärte den Stickstoff für einen wesentlichen Bestandteil des Roheisens und namentlich auch des Stahls[1]). Dafs stickstoffhaltige organische Substanzen besonders wirksame Cementiermittel bei der Stahlbereitung aus Stabeisen abgeben, war eine längst bekannte Thatsache. Die unendlich vielen und oft höchst wunderlich zusammengesetzten Stahlhärtemittel, namentlich für Einsatzhärtung, verdanken fast alle ihre Wirksamkeit der Anwesenheit einer Kohlenstickstoffverbindung. Diese günstige Wirkung der Kohlenstickstoffverbindung bei der Cementation erklärt sich leicht aus dem Umstande, dafs diese Verbindungen flüchtig sind und den Kohlenstoff in einer konzentrierten Form in das poröse Eisen eindringen lassen. Caron und Despretz hatten vor Fremy diese Frage näher untersucht und den grofsen Einfluſs, welchen der Stickstoff bei der Stahlbildung ausübe, nachgewiesen. Saunderson[2]), ein grofser Stahlfabrikant Sheffields, machte ebenfalls praktische Versuche über diese Frage und ging so weit, zu behaupten, dafs sich Stahl in den Cementierkisten überhaupt nur durch die doppelte Einwirkung von Kohlenstoff und Stickstoff bilde. Alle die Genannten schrieben aber dem Stickstoff nur die Rolle des Vermittlers zu, der die Übertragung des Kohlenstoffs an das Eisen bewirke. Fremy dagegen stellte eine ganz neue Theorie auf, indem er behauptete, der Stickstoff gehe selbst in den Stahl über und bilde einen wesentlichen Bestandteil desselben. Diese mit viel Selbstbewufstsein und nicht ohne Geschick vorgetragene Ansicht erregte keine geringe Aufregung unter den Metallurgen, da sie, wenn sie sich bewahrheitete, die seitherigen Ansichten über Stahl und Stahlbildung und damit auch die Stahlfabrikation selbst wesentlich umgestalten mufste. Fremys Ansicht wurde aber von seinen Landsleuten Caron und Gruner 1861 widerlegt. Gruner zu St. Etienne wies im Gegensatz zu den Behauptungen Fremys und Saundersons nach, dafs man die Umwandlung des Stabeisens in Stahl durch von Ammoniak gereinigtes Leuchtgas und stickstofffreien Kohlenwasserstoff bewirken könne, wie dies Macintosh schon 1839 im grofsen ausgeführt hatte, und Caron[3]) wies nach, dafs der Stickstoff nur eine Vermittlerrolle spiele, wofür er seine Gegenwart allerdings für unerläfslich hielt, weil reine Kohle für sich allein nicht cementiere. Cyan sei das wirksame Stahlbildungsmittel und namentlich spiele bei

[1]) Siehe Comptes rendus, Oktober 1860.
[2]) Siehe Dinglers polytechn. Journ., Bd. CLV, S. 156.
[3]) Siehe Comptes rendus, April 1861.

Digitized by Google

der Cementation im grofsen Cyanammonium die wichtigste Rolle. Er selbst schlug im weiteren Verfolg seiner Untersuchungen Cyanbaryum als ein besonders wirksames Stahlmittel vor. Er empfiehlt das Cementierpulver aus Lederkohle, welche Cyan enthält, und gepulvertem kohlensaurem Baryt (Witherit) herzustellen. Bei dem Glühen entstehe Cyanbaryum, welches so wirksam sei, dafs es eine kontinuierliche Cementation gestatte, indem man nach verhältnismäfsig kurzer Zeit die cementierten Stäbe ausziehen und durch frische ersetzen könne. Caron mufste indessen ebenfalls zugeben, dafs Leuchtgas und Sumpfgas bei schwacher Glühhitze für sich Eisen cementieren. Fremy wollte dies durch die Behauptung erklären, dafs sowohl Roheisen als Stabeisen stickstoffhaltig seien.

Caron hielt dagegen einen Stickstoffgehalt im Eisen für zufällig und von stickstoffhaltigem Roheisen herrührend. Auch sei der Stickstoff nicht direkt mit dem Eisen verbunden, sondern als Stickstoffsilicium oder Kohlenstoff-Stickstoff-Titan darin enthalten.

Über den weiteren Verlauf dieses Streites, der mehr Aufregung als praktische Erfolge veranlafste, werden wir im folgenden Abschnitte berichten.

Physik 1851 bis 1860.

Interessante physikalische Beobachtungen über das Eisen veröffentlichte Hausmann in der Abhandlung „über die durch Molekularbewegungen in starren, leblosen Körpern bewirkte Formveränderung“ (Göttingen 1856). Er beschrieb darin namentlich die Strukturveränderungen des Roheisens durch plötzlichen Temperaturwechsel, dafs Stahl und Roheisen durch rasche Abkühlung specifisch leichter werden; ferner die Veränderungen, welche das Eisen durch fortgesetzte Erschütterungen erleide und wie die ursprüngliche Festigkeit durch schwache Rotglut und langsames Erkalten wieder hergestellt werde. Die wichtigen Versuche über die Festigkeit der englischen Roheisensorten, welche von R. Stephenson, W. Fairbairn und Hodgkinson für den Bau der Conway- und der Britanniabrücke angestellt wurden, sind von Conche zusammengestellt worden[1]). Die Zerreifsungsversuche ergaben eine absolute Festigkeit zwischen 9 und 18 kg pro Quadratmillimeter, im Mittel 10 bis 11 kg.

W. Fairbairn machte Versuche über den Einfluss des Umschmelzens auf die Festigkeit des Roheisens. Er schmolz Giefsereiroheisen von

[1]) Siehe Annales des mines, 4. ser., t. XX, p. 427.

Digitized by Google

Eglinton 17 mal um. Bis zum zwölften Umschmelzen nahm die Festigkeit zu, dann nahm sie rasch ab. Ausführliche Versuche über die Festigkeit englischer Roheisensorten wurden ferner 1856 bis 1859 von der Regierung im Arsenal zu Woolwich angestellt[1]).

In Bezug auf die Wärmemessung erwarben sich Plattner und John Wilson Verdienste. Plattner bestimmte die Schmelzpunkte einer Reihe von Metalllegierungen, die dann als Wärmemesser benutzt wurden. Für höhere Temperaturen waren dies Legierungen von Silber und Platin, wobei der Schmelzpunkt des Silbers zu 1023°, der des Platins zu 2534° angenommen wurde; für niedrigere Temperaturen dienten Legierungen von Silber und Blei, wobei der Schmelzpunkt des Bleies auf 334° festgestellt war[2]).

Wilson berechnet den Hitzegrad aus der Wärmezunahme eines bestimmten Gewichtes Wasser, in das ein Stück Platin von bekanntem Gewicht und der fraglichen Temperatur rasch abgelöscht wird. Über die Wärme lieferten Favre und Silbermann[3]), sowie Schinz vortreffliche Arbeiten. Erstere machten gründliche Untersuchungen über die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs, seiner Verbindungen und der Brennstoffe.

Beschickung und Schlacken.

Die Hüttenchemie gewann einen grofsen Einfluſs auf den Hochofenbetrieb durch die Anwendung stöchiometrischer Grundsätze auf die Beschickung des Hochofens. Man ermittelte die chemische Zusammensetzung aller Materialien, welche in den Schmelzofen kommen sollten, und berechnete ihre Gattierung und Beschickung mit Zuschlägen nach der chemischen Zusammensetzung der Schlacken, welche fallen sollten. Diese Zusammensetzung richtete sich nach der Schmelztemperatur, beziehungsweise der Roheisensorte, welche man erstrebte. G. Lindauer[4]) und Karl v. Mayrhofer[5]) haben hierüber verdienstliche Arbeiten geliefert. Lindauer stellte den Grundsatz auf: es müssen bei der Beschickung des Hochofens Silikate gebildet werden, welche bei der Temperatur, in welcher die

[1]) Siehe Philipps, Metallurgy 1887, p. 256.

[2]) Ausführliche Tabellen von Mayrhofer für die Schmelztemperaturen der Hochofenbeschickungen in Tunners Jahrbuch 1861, S. 440 etc.

[3]) Ann. de Chim. et de Phys., vol. 34, 36 et 37.

[4]) Siehe Dinglers Journ. 1855 und v. Hingenau, Österr. Berg- und hüttenm. Ztg. 1855, S. 130. — Siehe auch G. Lindauer, Compendium der Hüttenchemie 1861.

[5]) Studien des Hochofens in Tunners Jahrbuch 1861, S. 276.

Digitized by Google

Operation stattfindet, in einen flüssigen Zustand gebracht werden, ohne dafs dieser Flüssigkeitszustand durch Eisenoxydulsilikat veranlafst wird. Die Schlacken sollten möglichst reine Kalk-Thonerdesilikate sein. Die Schmelztemperaturen derselben waren durch die Untersuchungen Plattners bestimmt.

Schon Berthier hatte angegeben, dafs die schmelzbarsten Kalk-Thonerdesilikate zwischen dem Singulo- und dem Bisilikat nach seiner Bezeichnung zwischen CS + AS[1]) und CS^2 + AS^2 liegen.

Plattner hatte nachfolgende Schmelztemperaturen für die Kalk- und Thonerdesilikate ermittelt: CS^2 = 2150° C., CS^3 = 2100° C., AS^2 = 2400° C., AS^3 = 2400° C., CS + AS = 1918° C., CS^2 + AS^2 = 1950° C. Die leichtschmelzigste Schlacke liegt zwischen den beiden letztgenannten Verbindungen. Für Holzkohlenbetrieb empfahl sich die Schlacke CS^2 + AS^2, bei Koksbetrieb war eine basischere Schlacke erforderlich und die Zusammensetzung CS + AS vorzuziehen. Hierbei war die Thonerde immer als Base angenommen. Doch kann dieselbe unter Umständen auch an Stelle der Kieselsäure treten und als Säure erscheinen. Mayrhofer stellte den Grundsatz auf: Thonerde verhält sich in den Schlacken so lange als Base, als ihr Sauerstoffgehalt den der letzteren übertrifft, im anderen Falle tritt sie als Säure neben der Kieselsäure auf und bildet Aluminate. Derselbe gab ferner an, dafs, je heifser der Gebläsewind sei, je niedriger müsse die Schlacke siliciert sein, weil eine basische Schlacke die Reduktion der Kieselsäure erschwert, während eine saure sie erleichtert. Er giebt folgende Schmelztemperaturen der Beschickung für die verschiedenen Roheisensorten an: für luckige Flossen 1650° C., blumige Flossen 1700° C., körnig-krystallinisches Roheisen 1760° C., strahlig-krystallinisches 1790° C., Spiegeleisen 1850° C., halbiertes 1865° C., strahlig graues 1880° C., körnig graues (Giefsereieisen) 1895° C. und schwarz-graues 1900° C.

---

[1]) CS Kalksingulosilikat, AS Thonerdesingulosilikat. Das Singulosilikat des Hüttenmannes entsprach aber nicht dem einfachen Silikat des Chemikers, sondern dem basischen Silikat mit drei Äquivalenten Kalk oder ein Äquivalent Thonerde auf ein Äquivalent Kieselsäure, also CS = 3 CaO SiO^3 und AS = Al^2O^3 . SiO^3, wobei nach der alten Bezeichnung der Kieselsäure als SiO^3 die Sauerstoffmengen der Basen und Säure gleich waren.

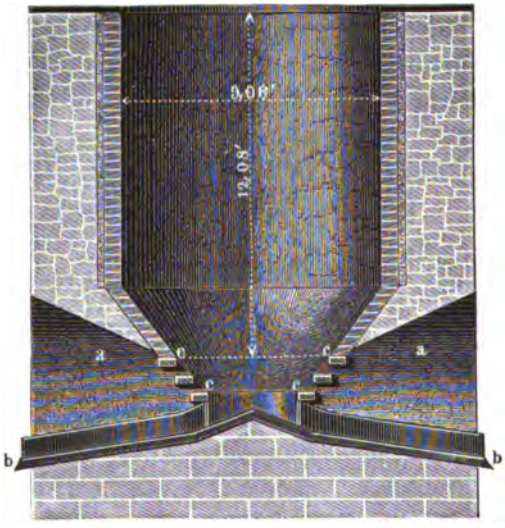
Danach bezeichnete:		der Chemiker	der Metallurg
6 RO . SiO^3	= 2 R^2O^3 . SiO^3	als Einsechstelsilikat,	als Sulsilikat,
3 RO . SiO^3	= R^2O^3 . S . O^3	„ Eindrittelsilikat,	„ Singulosilikat,
2 RO . SiO^3	= 2 R^2O^3 . SiO^3	„ Halbsilikat,	„ Sesquisilikat,
3 RO . 2 SiO^3	= 2 R^2O^3 . 2 SiO^3	„ Zweidrittelsilikat,	„ Bisilikat,
RO . SiO^3	= 2 R^2O^3 . 3 SiO^3	„ Neutrales Silikat,	„ Trisilikat.

Digitized by Google

Die stöchiometrische Berechnung der Beschickung beziehungsweise der Zuschläge zu den Erzen und Brennmaterialien von bekannter Zusammensetzung war demnach eine einfache Rechenaufgabe. Für diese Berechnungsweise findet man die ausführlichste Anleitung in Lindauers Kompendium der Hüttenchemie. Aufserdem hat Bodemann verdienstvolle Aufschlüsse über die Schlackenbildung und Schlackenzusammensetzung gegeben.

Schon Mitscherlich und Hausmann hatten darauf hingewiesen, dafs gewisse Hüttenschlacken gewissen in der Natur vorkommenden Mineralien entsprechen. Solche sind Feldspat, Ankerit, Granat, Humboldilit, Gehlenit, Augit, Wollastonit. Schlackenanalysen lieferten aufser den Genannten in jener Zeit besonders Riley, Price und Nicholson, Percy, Roth, Rammelsberg, Mrazek, Bromeis und Andere.

Fig. 265.



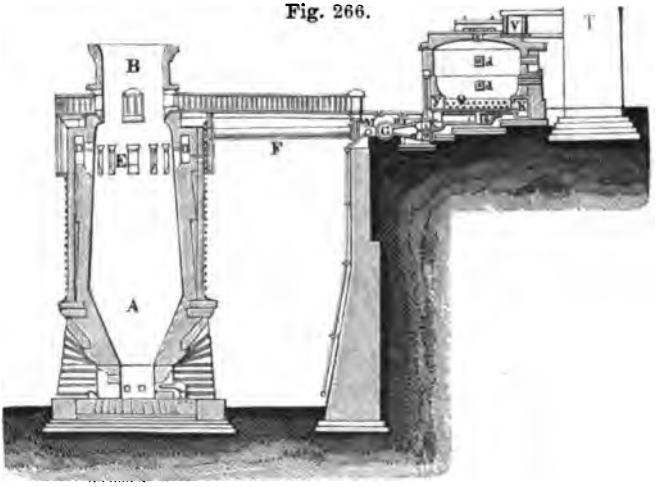
Zur Vorbereitung der Erze für den Schmelzprozefs, besonders von der Röstung, ist kurz folgendes aus dieser Periode zu berichten. Wo es die Natur der Erze gestattete oder bedingte, wendete man die Haufenröstung an, wie z. B. bei dem Kohleneisenstein (blackband) in Westfalen, welcher in 37,7 m langen, 9,4 m breiten, 1,3 m hohen Haufen, die 10000 Scheffel fafsten und 4 Wochen brannten, verwendet wurde. Im übrigen wendete man der Schachtröstung besondere Aufmerksamkeit zu. Man suchte überall kontinuierlichen Betrieb teils in Öfen nach Rumfordschem Princip, teils in Gasröstöfen einzuführen. In Steiermark wendete man mit Erfolg Kohlenlösche statt Holzkohle an und erzielte dadurch bedeutende Ersparnis. Zu Mariazell versah man die Schweifsröstöfen mit Treppenrostfeuerung[1]). Diese Öfen (Fig. 265) dienten für schwefelkiesreiche Spateisensteine und waren von Wagner erbaut[2]). Die Gasröstöfen in Schweden wurden verbessert und kamen dort in

[1]) Siehe Österr. Berg- u. hüttenm. Ztg. 1856, S. 31; 1858, S. 227 bis 253.
[2]) Rittingers Erfahrungen 1860, S. 138.

Digitized by Google

jener Zeit zu allgemeiner Einführung [1]). Eine eigentümliche Einrichtung (Fig. 266 [2]) hatten Houldsworth und Hunter auf der grofsen Eisenhütte Coltnefs in Schottland eingeführt, wobei sie die Hochofengase direkt den Röstöfen zuführten, sie aber vor dem Eintritte in dieselben entzündeten. Einfacher und besser war es, die Gase im Ofen zwischen

Fig. 266.



den Erzen zu verbrennen, wie in Schweden. Gasröstöfen wurden auf Tunners Empfehlung hin auch in Steiermark eingeführt und zwar zuerst auf dem v. Fridauschen Werke zu Vordernberg. Die Röstung mit Wasserdampf kam auf mehreren oberschlesischen Hütten, besonders auf der Vorwärtshütte, zur Anwendung.

Die Brennmaterialien 1851 bis 1860.

Die Ökonomie des Brennmaterials, mit die wichtigste Aufgabe des Eisenhüttenmannes, machte in dieser Zeit grofse Fortschritte, sowohl durch genaueres Studium der Brennstoffe, als durch bessere Vorbereitung und Verbrennung derselben.

Der Verwendung des Torfs, obgleich bei der Eisenfabrikation immer nur ein Notbehelf, wendete man grofse Aufmerksamkeit zu. Man bereitete den Torf sorgfältiger auf und konstruierte Pressen verschiedener Art zur Herstellung von Presstorf [3]). Challenton hatte

[1]) Siehe Tunner, Das Eisenhüttenwesen in Schweden 1858. — Wedding, Eisenhüttenkunde, Bd. II, S. 481.

[2]) Siehe Berg- u. hüttenm. Ztg. 1852, S. 579.

[3]) Wir verweisen auf mehrere wichtige Schriften aus jener Zeit: Dr. Th. Bromeis, Über die Aufbereitung und Verdichtung des Torfs. Berlin 1859. —

Digitized by Google

bereits auf der Pariser Weltausstellung 1855 verdichteten Torf und Torfkoks vorgeführt, die Aufsehen erregten. Er zerrifs den Torf durch Walzen, rührte den zerkleinerten Stoff mit Wasser an und leitete das Feine durch Siebe in Sümpfe; diese wurden dann von Zeit zu Zeit abgelassen, der Torf gestochen und getrocknet. Das Pressen verbesserte Gwynne, indem er den so aufbereiteten Brennstoff durch mehrere Trockencylinder durchgehen liefs und ihn dann mit einer Excenterpresse in Hohlformen, welche durch Wasserdampf erhitzt wurden, preſste. Der so erhaltene Torf war gut, aber zu kostspielig. Exters verbesserte Methode im Haspelmoor in Bayern bestand darin, dafs er die Torffläche erst durch Pflügen trocken legte, dann wurde der Torf geeggt, gewendet und nach einigen Tagen in Trockenhäusern mittels Wasserdampf getrocknet und noch heifs gepreſst[1]). In Litauen wurde der Torf in ganz ähnlicher Weise vorbereitet und dann nach dem Trocknen mittels Rammen in Formen gestampft.

Über den Brennwert der preufsischen Steinkohlen lieferte Dr. G. Wilh. Brix im Auftrage des preufsischen Staates 1853 eine ausgezeichnete Arbeit[2]). Dieser folgten ähnliche Untersuchungen von Prof. Stein über die Steinkohlen Sachsens 1857, von de Marsilly über französische, von Playfair und de la Beche über englische und von Johnson über amerikanische Steinkohlen.

Ein grofser Fortschritt war die sorgfältigere Aufbereitung der Steinkohlen für die Koksfabrikation. Diese bestand zunächst im Durchwerfen durch Rätter und Sortieren, sodann durch Mahlen. Hierfür dienten vielfach z. B. in Belgien zwei übereinanderliegende parallele Walzenpaare, wovon das obere kanneliert, das untere glatt war. Durch einen trichterförmigen Kasten wurden die Steinkohlen, wie sie gewonnen wurden, den Walzen zugeführt, und zwischen den kannelierten Walzen grob, zwischen den glatten Walzen, die durch Federn und Gewichte zusammengedrückt wurden, fein gemahlen. Eine gleiche Korngröfse der Steinkohle gab gleichmässige, schöne Koks. Die mineralischen Gemengteile der Koks, die Asche, wirken im Hochofen sehr nachteilig. Es sind meist schwer schmelzbare Thonerdesilikate und Schwefeleisen, die die Schmelzung erschweren und ungünstig auf

---

Dr. A. Vogel, Der Torf, seine Natur und Bedeutung. Braunschweig 1859. — Gutachten des polytechnischen Vereins für Bayern über die von Koch und Manhardt in München konstruierte neue Torfpresse.

[1]) Die Beschreibung einer Exterschen Torfpresse in Dingler, polyt. Journ., Bd. 154, S. 343.

[2]) Untersuchungen über die Heizkraft der wichtigeren Brennstoffe des preufsischen Staates von Brix 1853.

Digitized by Google

die Güte des Eisens einwirken, und die zu ihrer Abscheidung viel Kalk und zu ihrer Verschlackung viel Wärme in Anspruch nehmen. Die Asche durch Waschen vor der Verkokung zu entfernen, ist deshalb sehr vorteilhaft. Dies hatte man in Frankreich und Belgien schon Ausgangs der 40er Jahre erkannt; es war aber eins der wichtigen Resultate der Londoner Weltausstellung von 1851, dafs diese Thatsache durch die öffentliche Anerkennung zur allgemeinen Kenntnis gebracht wurde. Bérards Kohlenwäsche, deren wichtigster Apparat eine Setzmaschine mit fünf Kästen war[1]), wurde in Anerkennung ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung mit der höchsten Auszeichnung, der goldenen Medaille, belohnt.

Zum richtigen Verständnis der Bedeutung der Kohlenwäschen und der Verkokung hatten zwei Aufsätze von Marsilly[2]), die schon 1850 erschienen waren, wesentlich beigetragen.

Bérards Kohlensatzsieb wurde 1852 verbessert durch Meynier in Paris[3]). Bérards Sieb hatte eine unterbrochene Bewegung und die Trennung von Kohlen und Berge (eingemengte Steine) dauerte ziemlich lange. Meynier konstruierte eine Setzmaschine mit einem kontinuierlichen aufsteigenden Wasserstrome. Durch denselben blieb die ganze Masse im Wasser suspendiert und die leichtere Steinkohle flofs mit dem Wasser über, und gelangte über ein Sieb direkt in die Wagen. Während die Separationskosten in den Setzkästen nach de Marsilly 1,46 Francs für die Tonne betrugen, berechnete Meynier den Aufwand nach seinem System auf nur 0,70 Francs. Als eine Verbesserung bei der Aufbereitung der Steinkohlen verdienen auch die sogenannten Bogardusmühlen, welche sich namentlich zum Mahlen des Kohlenkleins eigneten, Erwähnung.

Grofse Kohlenwäschen waren gegen Ende der 50er Jahre in Deutschland besonders im Saargebiete zu Forbach, Hirschbach und auf der Heinitzgrube.

Andere Konstruktionen wurden erfunden von Lombard, Marsais, Gervais, Girard und Flachon und Ract-Madoux, alle in Frankreich[4]).

---

[1]) Siehe Polyt. Centralbl. 1857, Nr. 2 u. 4.

[2]) Siehe Annales des mines, 4. Serie, XVII, 1850: Mémoire de la fabrication des cokes en Belgique et le Nord de la France pour le service des chemins de fer par M. de Marsilly, p. 189 und Mémoire sur la lavage de la houille en Belgique, p. 381.

[3]) Siehe Armengauds Génie industriel, Juli 1852.

[4]) Über die Aufbereitung der Steinkohlen im Loirebecken, Bericht von Baure zu St. Etienne. Bullet. de la Soc. de l'ind. min., III, 417.

Digitized by Google

Grofse Fortschritte machte die Verkokung in Öfen. Zwar waren im Ruhr- und Saargebiete, sowie in Oberschlesien[1]) die Schaumburger Öfen noch vielfach im Gebrauch, aber die Vorzüge der geschlossenen Öfen machten sich immer mehr geltend, namentlich nachdem man allgemeiner dazu überging, die entweichende Flamme zur Heizung der Koksöfen selbst wieder zu verwenden.

Gröfseres Ausbringen, bessere Koks und höhere Produktion durch möglichst kontinuierlichen Betrieb, das waren die leitenden Gesichtspunkte bei der Verbesserung der Verkokungsöfen.

Bei den Öfen ohne Sohlen- und Seitenkanäle wurde die zum Verkokungsprozefs nötige Hitze in dem Verkokungsraum selbst erzeugt. Man liefs meistens durch die undichten Thüren etwas Luft einströmen, welche eine unvollständige Verbrennung der Gase in dem freien Raume über den Steinkohlen bewirkte. Diese Art der Wärmeerzeugung war unvorteilhaft, weil die Verbrennung unter ungünstigen Umständen erfolgte, wobei verhältnismäfsig wenig Hitze entwickelt wurde, da der Luftzutritt ein mangelhafter und unregelmäfsiger war und weil die Wärmeentwickelung und Wärmeeinwirkung einseitig nur von oben geschah. Vorteilhafter mufste es sein, den Verkokungsofen ähnlich einer Gasretorte zu machen und die Wände von aufsen zu erhitzen. Zu diesem Zwecke leitete man die entweichenden heifsen Gase in Zügen oder Kanälen um den Ofen herum. Zunächst erhitzte man auf diese Art nur die Sohlen der Öfen, indem man die Gase unter denselben her leitete, ehe man sie in die Esse einströmen liefs. Dies liefs sich auch ganz gut noch mit der Heizung von über den Öfen liegenden Dampfkesseln, worauf man damals grofsen Wert legte, verbinden. Hierbei änderte man zunächst an der Luftzuführung nichts, die Luft trat wie zuvor in den inneren Ofenraum ein. Nach und nach überzeugte man sich aber, dafs der Betrieb besser und vorteilhafter war, wenn man den Ofen selbst möglichst hermetisch gegen die Luft abschlofs und diese in die Züge eintreten liefs, so dafs die Verbrennung der Koksgase in diesen, aufserhalb des Ofens, erfolgte. Hatte man anfangs nur Züge unter der Sohle des Ofens, so brachte man später auch solche in den Seitenwänden und sogar auch über dem Gewölbe an. Dieses war der leitende Gesichtspunkt bei der Konstruktion der vielen neuen Koksofensysteme in dieser Periode. Man wendete das Princip auf alle bestehenden Ofenformen an, indem man sowohl die einthürigen Hauben- oder Bienenkorböfen und die Gewölbeöfen (Witten-

[1]) Siehe Brand in Berg- u. hüttenm. Ztg. 1851, Bd. X, 217.

Digitized by Google

berger), als die zweithürigen Stirnöfen mit Sohlkanälen und später mit Sohl- und Seitenkanälen versah. Durch die Erhitzung von aufsen wurde der Betrieb beschleunigt, die Produktion vermehrt, ein gleichmäfsiges, besseres Produkt erzielt und der Abbrand vermindert. Verschiedenheiten in den Konstruktionen waren auch durch die Verschiedenheit der Steinkohlen bedingt, von denen manche eine kürzere, manche eine längere Zeit zur Verkokung erforderten.

Man suchte aber auch noch auf andere Art die Leistungsfähigkeit der Koksöfen zu erhöhen, so namentlich dadurch, dafs man den Luftzutritt besser regulierte und die Verbrennungsluft möglichst verteilte. Dieses Princip liegt den verbesserten Haubenöfen von J. Church (Patent vom 20. Dezember 1845) und den Backöfen von Maurice[1]), welche derselbe 1855 im Loirebecken erbaute, zu Grunde; bei diesen wurde der Luftzutritt durch einen „Regulator" geregelt und die Luft trat durch eine grofse Anzahl von Schlitzen, die hoch in dem Kuppelgewölbe auf besondere Art angebracht waren, ein.

Ein anderer Gesichtspunkt, der bei der Konstruktion der Koksöfen in Betracht kam, war die leichte und rasche Füllung und Entleerung. Hiernach konstruierte Bérard seine Öfen mit beweglichen Gewölben, welche auf Schienen liefen. Die Entleerung des Ofens geschah durch eine Auspreſsmaschine; dann wurde das Gewölbe zurückgezogen und die ganze Ladung auf einmal mittels eines grofsen Aufgebetrichters eingeschüttet.

Die ausgepreſsten glühenden Koks fielen in einen Erstickungswagen, der einen doppelten Boden hatte. Im unteren Raume fand sich Wasser, das durch die Hitze in Dampf verwandelt wurde, welcher die Masse durchdrang und zugleich abkühlte und entschwefelte.

Der Gedanke, die Koksöfen als Retorten zu behandeln, kam besonders deutlich zum Ausdruck bei den Öfen mit selbständiger getrennter Feuerung. Von diesen erregte der sogenannte Dubochetsche Ofen, der 1851 in der Londoner Ausstellung die Aufmerksamkeit auf sich zog, besonderes Aufsehen. Diese Öfen sollten zugleich zur Gasfabrikation dienen. Ähnliche Öfen waren zuerst von dem Engländer Powels erfunden (patentiert am 23. April 1850) und dann von Newton verbessert (27. Mai 1851) worden, erhielten aber ihren Namen von Dubochet, dem grofsen Gasfabrikanten in Paris, der sie zuerst auf seiner Gasanstalt eingeführt und das Patent in Frankreich dafür erwarb. Auch in Deutschland hatte Mad. de Wendel 1851 eine

[1]) Siehe Bull. de la Soc. de l'industr. min. de St. Etienne 1856.

Digitized by Google

Batterie von 100 solcher Öfen auf ihrer grofsen Verkokungsanstalt zwischen Duttweiler und Sulzbach anlegen lassen[1]). Die Dubochetschen Öfen bestanden aus zwei Teilen, dem Destillierofen und dem Kühlofen, welche eine gemeinschaftliche in einer Kreiskurve gekrümmte Sohle hatten. Der Destillierofen wurde durch besondere Rostfeuerung geheizt. War die Verkokung beendet, so wurde die untere Verschlufsthür geöffnet und der ganze glühende Inhalt rutschte in den Kühlraum, worauf der Destillierofen wieder mit Steinkohlen gefüllt wurde. Ziehen und Laden dauerte nur 10 Minuten. Man konnte die Gase nach Belieben einem Gasometer oder den Heizkanälen zuführen. Die Konstruktion war geistreich, aber kostspielig; die Charge blieb leicht im Ofen hängen, was dann viel Arbeit und Kosten veranlafste.

Ältere Verkokungsöfen mit besonderer Feuerung waren der Cinderofen (breeze-oven) von Davis, welcher in der Umgegend von Birmingham in Anwendung war; ähnlich war der von Michaut 1847 in England patentierte Verkokungsofen. Der Ofen von Jarlot war ein Backofen im wahren Sinne des Wortes. Claridge zu Pontypool und Roper auf dem Ebbw-Vale-Eisenwerke konstruierten einen Ofen mit doppeltem Boden, bei welchem die Verkokung durch abgeleitete Hochofengase, die unter dem Ofen verbrannten, bewerkstelligt wurde. Zum Schlufs wurde Wasserdampf eingeleitet, um dadurch die glühenden Koks zu entschwefeln. — Ein verbesserter rektangulärer Ofen nach dem System Powels war der Verkokungsofen von Knab. Diese Öfen, welche zuerst im Jahre 1856 zu Commentry, Departement Allier, erbaut wurden, bezweckten zugleich die Gewinnung der Destillationsprodukte der Steinkohlen. Sie waren 2 m breit, 1 m hoch, 7 m lang und mit Sohlenheizung versehen. Zur Heizung verwendete man das bei der Verkokung gebildete Gas. Öfen dieser Konstruktion wurden Ende der 50er Jahre in dem grofsen Gaswerke von Paris eingeführt. Man setzte in Frankreich auf diese Knabschen Öfen grofse Hoffnungen.

Aber alle diese Öfen hatten keine hervorragende Bedeutung für die Eisenindustrie. Für diese bewährten sich damals die Öfen, welche nur der Verkokung dienten, dabei aber durch die bei der Verkokung entweichenden Gase erhitzt wurden, am besten; diese ergaben das günstigste Ausbringen und eigneten sich besonders zur Verkokung magerer Steinkohlen. Man hielt sich dabei anfänglich an die alten Ofenformen, ja man baute dieselben vielfach nur um, indem man sie mit

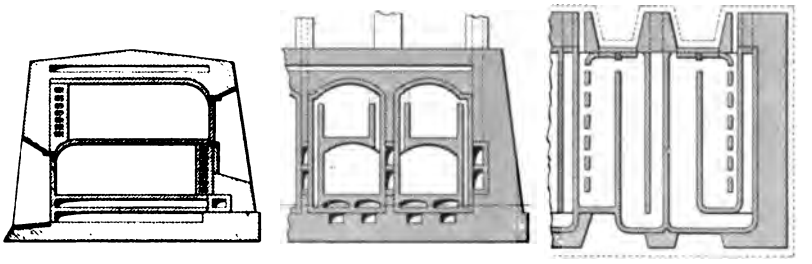
[1]) Siehe Zeitschr. für Bauwesen von Erbkam 1855, S. 343.

Digitized by Google

Sohlenkanälen versah. Runde und elliptische Backöfen mit erhitzter Sohle hatte man auf den Hütten zu Pommeroeul und Monceau-sur-Sambre, zu Commentry und Agrappe, deren Hauptunterschied darin bestand, dass die Sohlen durch die Gase des eigenen oder durch die des Nachbarofens erhitzt wurden. Von den rektangulären Öfen mit erhitzter Sohle waren wohl die von Jones auf der Hütte von Russels Hall ausgeführten die besten[1]). Eine andere Art beschreibt Lavigne als „belgische" Öfen, welche sich von den französischen von Lebrun-Virloy hauptsächlich dadurch unterschieden, dafs sie enger waren und dafs kleinere Sätze verkokt wurden. Ähnliche Öfen wurden von Forey und Lire angegeben[2]). Die rektangulären „englischen" Öfen, welche eine geneigte Sohle hatten, wurden 1853 in Belgien ebenfalls in Öfen mit erhitzten Sohlen und Seitenwänden umgebaut. Andere, den „Wittenbergern" ähnliche Öfen waren die von Dupré bei Charleroi erbauten, bei welchen die Gase des einen Ofens in die Kohlenmasse des anderen traten.

Demselben Bestreben der Wärmeökonomie entsprangen die Doppelöfen, wobei zwei Reihen von Öfen übereinander lagen. Die

Fig. 267.



bekanntesten waren die belgischen Doppelöfen von Frommont, Direktor zu Chatelineau (Fig. 267), welche auch in Deutschland an verschiedenen Orten eingeführt wurden, wie z. B. zu Borbeck. Diese Öfen waren 3 m lang und wurden mit Krücken ausgezogen. Man chargierte immer je zwei gekuppelte Öfen gleichzeitig. Die Cirkulation der Gase ist aus der Zeichnung zu erkennen. Die Verkokungszeit betrug 48 Stunden, das Ausbringen 65 bis 70 Proz.

Bei weitem die gröfste Verbreitung von allen Verkokungsöfen fanden aber die Öfen mit rektangulärem Querschnitt und zwei Thüren, bei welchen die Koks mit Auspreſsmaschinen aus dem Ofen gedrückt

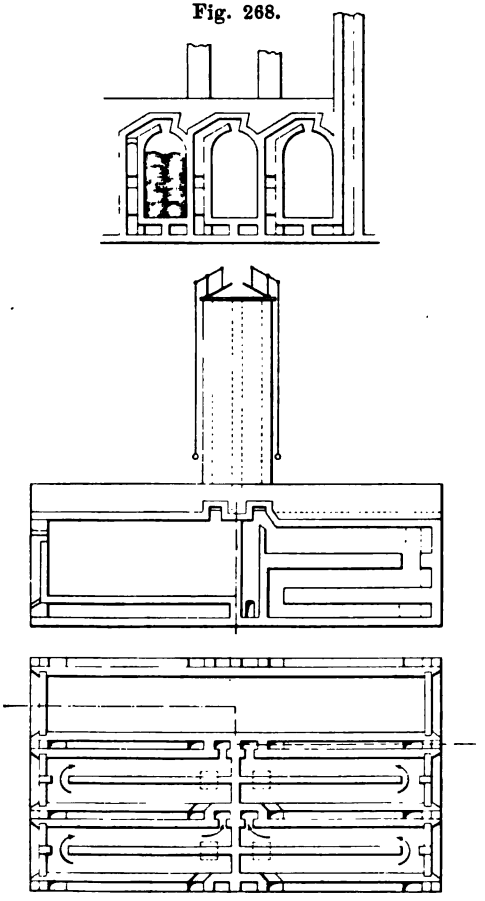
[1]) Siehe Percy, Metallurgie, Bd. I, 181.

[2]) Siehe Lavigne über die Koksfabrikation in Frankreich, Bull. de la soc. de l'ind. min., II, 284 und 454.

Digitized by Google

wurden. Die verschiedenen Konstruktionen lassen sich in zwei Gruppen bringen, in solche mit vertikalen und solche mit horizontalen Seitenzügen. Bei den Öfen mit vertikalen Seitenzügen war die Erhitzung der Seitenwände geringer als bei denen mit horizontalen Zügen. Als Repräsentant der ersten Gruppe sind die Haldyschen Verkokungsöfen zu nennen, die in Deutschland, besonders in Saarbrücken und Oberschlesien (Vorwärtshütte), in Anwendung waren. Die Öfen wurden ausgepreſst und die Koks in der Regel mit Wasser abgelöscht. Auf der groſsen Kokerei von de Wendel bei Sulzbach, wo man eine kleinere Art Haldyöfen hatte, wurden die ausgepreſsten Koks zwischen Mauern mit Lösche bedeckt und so abkühlen gelassen, um dadurch schönere Koks zu bekommen.

Fig. 268.



Von den Öfen mit horizontalen Seitenkanälen, welche sich am meisten bewährt haben, nennen wir aus dieser Zeit die von Smet, François und Fabry.

Die Öfen, welche Smet in seiner groſsen Koksanstalt bei Charleroi errichtete, hatten nur je zwei Öffnungen im Gewölbe des Ofens, welche die Gase den Seitenkanälen zuführten. Diese Seitenkanäle waren in der Mitte geteilt, so daſs durch jeden Zug nur die eine Hälfte der Ofenwand erhitzt wurde. Die Gase traten dann in die Sohlkanäle und aus diesen in die durch einen Scheider geteilte Esse. Die Verkokungszeit betrug nur 24 Stunden, und das Ausbringen war ein sehr günstiges. Diese Öfen waren in Belgien deshalb sehr verbreitet.

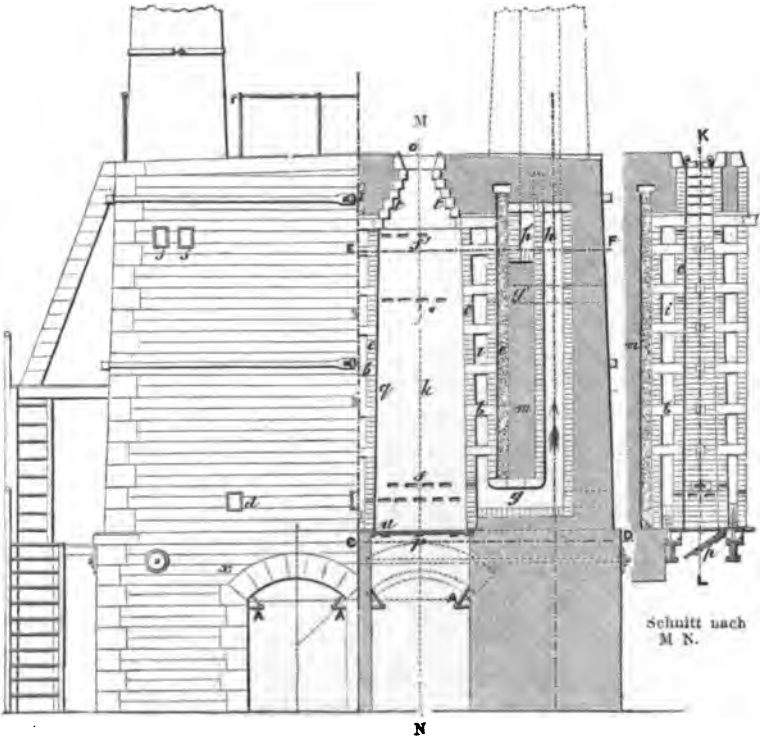
Noch gröſsere Verbreitung fanden aber namentlich in Deutschland die Françoisschen Koksöfen, in Saarbrücken auch Rexrothsche

Digitized by Google

genannt. Auch diese hatten in Folge der starken Erhitzung der Seitenwände nur eine 24stündige Verkokungszeit. Die auf den königlichen Gruben an der Saar betriebenen waren 24 Fuſs lang, 3 Fuſs breit und wurden jede 48 Stunden mit 60 Ctr. besetzt, so daſs einer bei 62 Proz. Ausbringen in 24 Stunden $18^1/_2$ Ctr. Koks lieferte.

Weniger als die Öfen von François und Haldy haben sich die Öfen von Fabry bewährt, welche bei Couillet und an der Eisenbahnstation La Louvière bei Charleroi 1854 angelegt wurden. Das Charakteristische und zugleich das Mangelhafte dieser Öfen lag darin, daſs

Fig. 269.



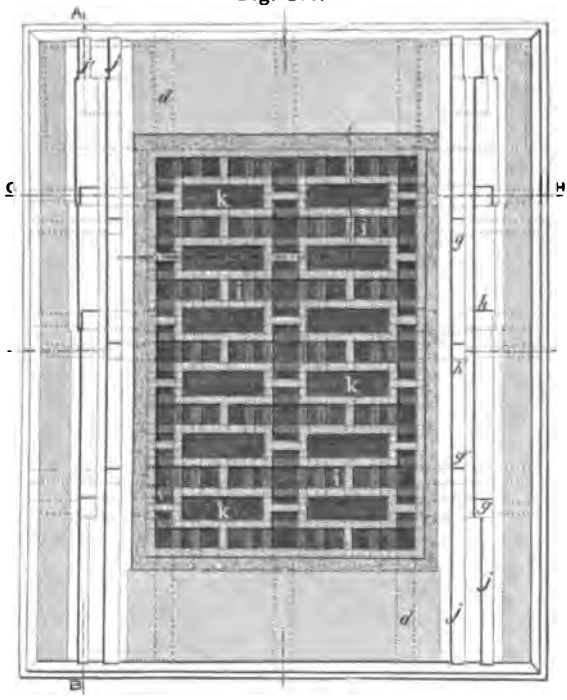
die Gase durch die Gesteinsfugen der Seitenwände entwichen, indem die vertikalen Fugen nicht mit Mörtel ausgekleidet waren, sondern Spalten von etwa $^1/_2$ cm bildeten; nur ein kleiner Teil der Gase entwich durch zwei Öffnungen oben im Gewölbe. Diese Spalten verstopften sich leicht und schmolzen noch leichter zusammen. Sonst arbeiteten diese Öfen, welche 6 m lang waren und 1 m hoch fast bis zum Gewölbe erhitzt wurden, sehr vorteilhaft. Der Einsatz von 2000 kg Steinkohlen war in 24 Stunden gar, und man erzielte ein Ausbringen von 70 bis 72 Proz.

Digitized by Google

Während man die alten Öfen, bei denen die Charge nur von oben erhitzt wurde oder auch bei vorherrschender Sohlenheizung breit machte, wurden die Kammern der Öfen mit erhitzten Seitenwänden schmal und hoch gemacht.

Alle diese Öfen mit horizontalen Kammern hatten den Vorteil, dafs sie leicht mit Hülfe der Auspreſsmaschinen entleert werden konnten. Diese Auspreſsmaschinen bestanden aus einer langen Zahnstange, an deren Ende der Preſskolben oder die Preſsplatte, welche um ein Geringes schmäler war, als die Breite eines Koksofens, befestigt war. Die Zahnstange wurde mit dem Preſskolben durch ein Getriebe, welches entweder von Menschenhänden oder durch eine Dampfmaschine bewegt wurde, vorwärts geschoben, so dafs der ganze Inhalt des Ofens durch die entgegengesetzte Thür ausgepreſst wurde. Zahnstange und Triebwerk waren auf einem fahrbaren Gestell befestigt, welches auf eisernen Schienen lief und von einem Ofen zum anderen der ganzen Reihe entlang gefahren werden konnte. Man hatte auch aus diesen Öfen mit rektangulären Kammern Doppelöfen gemacht, indem man sie in zwei Etagen übereinander baute. Ein solcher Ofen war der von Bourg zu Bois-de-Luc. Diese Konstruktion war indes unpraktisch und undauerhaft.

Fig. 270.



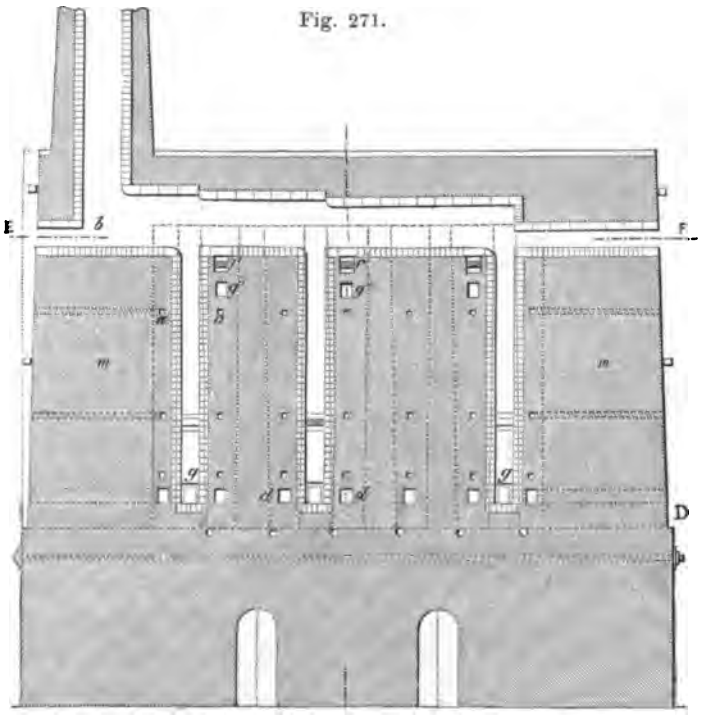
Die Öfen mit horizontalen Kammern und allseitiger Erhitzung kamen schon liegenden geschlossenen Retorten nahe, indem nur durch die beiden Thüren eine ganz geringe Menge Luft in den Ofen selbst trat. Noch vollkommener suchte man dieses Princip der geschlossenen Retorte bei folgenden Konstruktionen zu erreichen. Die Koksöfen von Dulait hatten die Gestalt der Wittenberger Öfen und waren

Digitized by Google

immer je zwei mit dem Rücken zusammengebaut. Die einzelnen Kammern wurden ringsum von einem komplizierten System von Zügen, in welchen die Gase verbrannten, umspült. Diese Öfen, die in Belgien an mehreren Orten, z. B. zu Bois-de-Luc, in Anwendung standen, waren gut, aber teuer, unhaltbar und beschwerlich zu bedienen.

Eine ältere ähnliche Konstruktion war die von Talabot auf der Grube Agrappe in Belgien. Dessen Öfen glichen schon in ihrem Äusseren Gasretorten, indem sie kreisförmigen oder elliptischen Quer-

Fig. 271.



schnitt hatten. Das Ausziehen geschah mit Ausziehplatten und Stangen, wie es S. 481 beschrieben wurde.

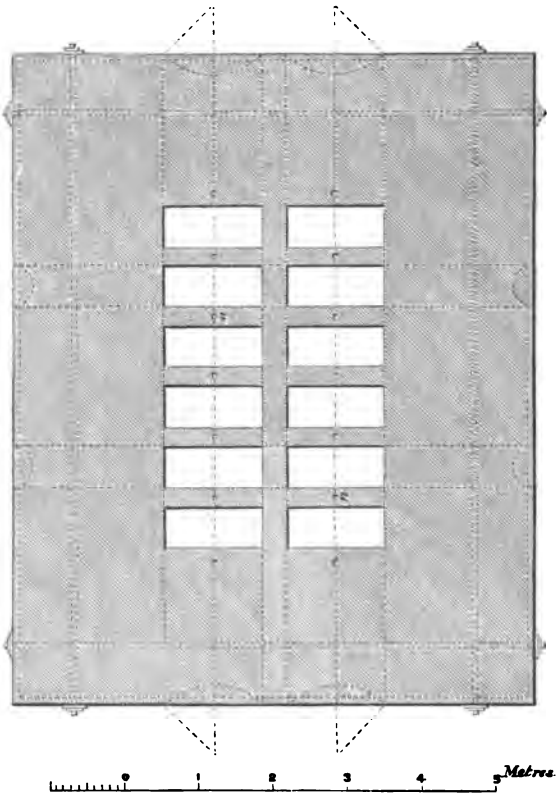
Alle diese Konstruktionen wurden übertroffen durch die Koksöfen von Appolt[1]), welche alsbald nach ihrer Erfindung die gröfste Aufmerksamkeit erregten und an vielen Orten wenigstens versuchsweise eingeführt wurden. Theoretisch waren die Appoltschen Öfen (Fig. 269, S. 811, u. Fig. 270) als die vollkommenste Konstruktion anzusehen. Es waren aufrecht stehende Retortenöfen, rings von Gaskanälen umspült und in gröfserer Zahl zu einer Batterie vereinigt. Da fast keine Luft in den Ofenraum selbst eintreten konnte, erfüllten

[1]) Siehe Annales des mines, V. Serie, T. XIII, p. 417 etc.

Digitized by Google

sie am meisten die Bedingungen eines geschlossenen Tiegels. Dabei war bei ihnen die gröfste Heizfläche gegeben. Füllen und Entleeren war sehr vereinfacht, indem die Füllung durch Trichterwagen von oben geschah, die Entleerung aber durch Öffnen der unteren Thür, welche den Boden des Ofens bildete. Man liefs die ganze Kokscharge in einen Entladungswagen mit doppelten Wänden, die mit Wasser gekühlt waren, rutschen. — Den ersten Versuchsofen baute Appolt 1855 zu St. Avold, hierauf errichtete er einen grösseren Ofen auf seiner eigenen Kokerei bei Sulzbach. Diesem folgte ein Ofen mit sechs Abteilungen zu Rive de Gier anfangs 1856. Der von Appolt zu Marquise im Departement Pas de Calais erbaute Ofen (Fig. 271, a. v. S., und Fig. 272), welcher am 1. September 1857 in Betrieb gesetzt wurde, war 5,25 m lang, 3,49 m breit und 4 m hoch. Er hatte 12 Abteilungen von rechtwinkligem Querschnitt, 1,24 m auf 0,45 m und 4 m Höhe. Die Bewegung der Gase ist aus der Zeichnung ersichtlich. Die Hitze, welche bei der Verkokung 1200 bis 1400° C. betrug, wurde durch Register der Verbindungskanäle zur Esse reguliert. Jede Abteilung des Ofens von Marquise faſste 1350 bis 1400 kg Steinkohlen, der ganze Ofen also 16000 bis 17000 kg. Die Verkokungszeit dauerte 24 Stunden. Das Ausbringen war so günstig wie bei der Tiegelprobe und betrug für englische Kohlen 72 bis 73 Proz., für nordfranzösische 76 und für belgische 80 bis 82 Proz.; das war durchschnittlich 10 bis 12 Proz. mehr als bei den früheren Öfen.

Fig. 272.



Digitized by Google

Wenn diese Öfen trotz dieser günstigen Resultate die allgemeine Verbreitung nicht fanden, die man erwartete, so lag dies einerseits darin, dafs der Betrieb dadurch schwierig war, dafs backende Kohlen sehr leicht im Schacht hängen blieben, und dann die Öfen nur mit grofser Mühe und mit grofsem Abbrand entleert werden konnten, andererseits, dafs die Hitze in den Zügen leicht so hoch stieg, dafs die Öffnungen und Verbindungssteine der hohlen Seitenwände zusammenschmolzen. Übrigens wurden Appoltsche Öfen nicht nur in Frankreich, sondern auch in Deutschland, besonders in Saarbrücken und Oberschlesien, gebaut und mit Erfolg betrieben.

Eine besondere Art der Entschwefelung der Steinkohlen hatte Prof. Calvert 1852 erfunden. Es war eine Behandlung mit Kochsalz, und die so erzeugten Koks kamen als „präparierte Koks" in den Handel[1]). Dieselben sollten reineres Eisen und gröfseres Ausbringen geben.

Gebläse und Winderhitzer 1851 bis 1860.

Die Windgebläse, die wichtigsten Maschinen für den Hochofenbetrieb, waren damals fast ausschliefslich Cylindergebläse und zwar teils vertikale, teils horizontale. Der Kampf zwischen diesen beiden Systemen wurde namentlich in der ersten Hälfte der 50er Jahre mit Lebhaftigkeit geführt. Die Engländer hielten an den stehenden Maschinen fest und wendeten meist die Wattsche Konstruktion mit Balancier an. Eine gewaltige Maschine dieser Art errichtete S. Truran 1851 zu Dowlais. Der Windcylinder hatte 144 Zoll (3658 mm) Durchmesser, der Kolbenhub betrug 12 Fufs (3658 mm); sie lieferte bei 20 Doppelhuben und $3^1/_4$ Pfund Pressung 44000 Kubikfufs Wind in der Minute. Der Cylinder der zugehörigen Dampfmaschine war 55 Zoll (1393 mm) weit, der Kolben hatte 13 Fufs (3962 mm) Hub, die Leistung betrug 650 Pfdekr.[2]). In Nordengland hatte man im Laufe dieser Periode mehrfach vertikale Cylindergebläse nach amerikanischem Princip (von Evans), bei denen sich der Dampfcylinder über dem Gebläsecylinder befand, errichtet und zwar mit doppelten Cylindern und gemeinschaftlichem Schwungrade[3]). John Gjers hatte diese Konstruktion im Clevelanddistrikt eingeführt. — In Österreich kamen bei den Holzkohlenöfen kleine

[1]) Siehe Comptes rendus 1852, Nr. 13.

[2]) Siehe London Journal of Arts, April 1858 und Dinglers polyt. Journ., Bd. 149.

[3]) Siehe London Journal of Arts, April 1858.

Digitized by Google

einfache Gebläsemaschinen dieser Art (Schmidtsche Gebläse) von 25 bis 30 Pfdekr., die 2300 bis 2500 Kubikfuſs Luft in der Minute lieferten, in ausgedehnte Anwendung.

In den Vereinigten Staaten behaupteten die stehenden Evansmaschinen, bei denen die Kolbenstangen des Dampf- und Gebläsecylinders unmittelbar verbunden waren, die Herrschaft.

Horizontale Cylindergebläse, gegen welche zu Anfang der 50er Jahre noch ziemlich viel Vorurteil herrschte, und die Truran gänzlich verwarf, fanden trotzdem auf dem Kontinent mehr und mehr Eingang. In Frankreich errichtete Goguet[1]) auf der Hütte zu Morvillars 1851 ein Gebläse mit vier liegenden Cylindern, deren Kolben durch eine Turbine bewegt wurden. Es bediente vier Frischfeuer. Bemerkenswert dabei waren die zahlreichen kreisförmigen Gummiventile statt der früheren Windklappen, die dadurch zuerst bekannt wurden. In den folgenden Jahren kamen horizontale Cylindergebläse in Frankreich immer mehr in Gebrauch, und man unterschied zwei Systeme, solche mit und solche ohne Schwungrad. Erstere wurden von Thomas und Laurens, letztere von Cadiat in Paris gebaut. Cadiats Maschinen arbeiteten direkt und mit hochgespanntem Dampf. Vier solche Gebläse von je 80 Pferdekräften waren zu Decazeville aufgestellt, wo sie sieben Hochöfen und zwei Feineisenfeuer bedienten. Sie hatten durchgehende Kolbenstangen und lederne Klappenventile. Thomas und Laurens hatten den Grundsatz aufgestellt, daſs ein Ofen soviel Wind erfordert, als der Menge des zu verbrennenden Kohlenstoffs, wenn er zu Kohlenoxydgas verbrennt, entspricht. Dies ergab 4,4 cbm auf 1 kg Kohle. Aus Produktion und Kohlenverbrauch lieſse sich hiernach die Windmenge berechnen. Vauthier und Libour hatten 1855 ein horizontales Cylindergebläse ausgestellt, bei dem der schädliche Raum dadurch vermieden war, daſs der Wind durch Kautschukventile in den hohlen Gebläsekolben treten konnte. In Belgien hatte man wie in den Vereinigten Staaten, im Gegensatz zu England, für jeden Hochofen eine Gebläsemaschine. Ende der 50er Jahre waren hierfür meistens noch vertikale Balanciermaschinen im Gebrauch, doch hatte man in Providence bei Marchienne eine horizontale Gebläsemaschine mit Windschieber.

In Deutschland fanden die horizontalen Cylindergebläse, namentlich bei den neuen Hütten in Westfalen, Eingang. v. Hoff[2]), der die-

[1]) Siehe Génie industriel, Juni 1852.

[2]) Siehe v. Carnall, Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenw. im preuſs. Staate IV, 1855, S. 101.

Digitized by Google

selben zu Hörde eingeführt hatte, widerlegte Trurans Einwendungen und setzte die Vorzüge derselben auseinander, die hauptsächlich in gröfserem Nutzeffekt und gröfserer Billigkeit, die fast ein Drittel betrug, bestanden. Hierbei war solide Konstruktion Voraussetzung, wozu gehörte, dafs die Kolbenstange so stark war, dafs sie sich nicht durchbog, dafs sie aufserhalb des Cylinders durch Rollen oder Gleitvorrichtungen unterstützt wurde, dafs die Geschwindigkeit des Kolbens 250 Fufs in der Minute nicht überschritt und die Länge des Kolbenhubes nicht gröfser war als der Cylinderdurchmesser. Leichte Kolben[1]) und gute Liederung waren wesentliche Erfordernisse. Das erste horizontale Cylindergebläse Österreichs wurde 1853 zu Reichraming in Betrieb gesetzt.

Der Engländer Archibald Slate[2]) hatte 1851 ein horizontales Schiebergebläse von grofser Geschwindigkeit angegeben. Diese Art Gebläse haben sich damals nicht besonders bewährt. Horizontale Schiebergebläse haben ferner Thomas und Laurens, sowie Derosne und Cail in Paris konstruiert und 1855 ausgestellt. In Österreich baute Schmidt derartige Winderzeuger.

Gruner[3]) zu St. Etienne empfahl gemauerte Windregulatoren, wegen ihrer gröfseren Billigkeit.

Ritter v. Schwind[4]) erfand ein ganz praktisches Aichmafs zur Messung der Windmenge in Form eines Rechenschiebers.

Die Winderhitzungsapparate wurden in Westfalen dadurch verbessert, dafs die geraden Röhren durch Stege geteilt wurden[5]). Thomas und Laurens konstruierten Ende der 50er Jahre einen neuen Winderhitzungsapparat mit Ringröhren, bei denen das Princip der Heizrippen zur Anwendung kam.

Am 19. Mai 1857 nahm Ed. Alfred Cowper ein Patent auf einen Winderhitzungsapparat, welcher auf dem neuerfundenen Princip der „Regeneratoren“ von Siemens begründet war. Diese Erfindung darf als eins der wichtigsten Ereignisse für den Hochofenbetrieb nicht nur der 50er Jahre, sondern des 19. Jahrhunderts angesehen werden und erfordert deshalb eine ausführliche Schilderung.

Drei Brüder, Werner, Karl Wilhelm und Friedrich Siemens

---

[1]) Siehe Verbesserte Kolben für horizontale Gebläsemaschinen von Völckner, Dinglers polyt. Journ., Bd. 131, S. 81.

[2]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1855, Nr. 15.

[3]) Siehe Bull. de la Soc. de l'Industr. min., I, 430. — Berg- u. hüttenm. Ztg. 1857, Nr. 5.

[4]) Tunner in v. Hingenaus Österreich. Berg- u. hüttenm. Zeitschr. 1856, S. 223.

[5]) Zeitschr. d. Vereins d. Ingen., Dez. 1857, S. 299.

Digitized by Google

haben sich als drei technische Genies erwiesen, welchen die Industrie zahlreiche wichtige Erfindungen verdankt. Werner Siemens war anfänglich preufsischer Artillerieoffizier, zeichnete sich aber schon früh als ausgezeichneter Telegraphenkonstrukteur aus und wurde der hervorragendste Begründer der Elektrotechnik.

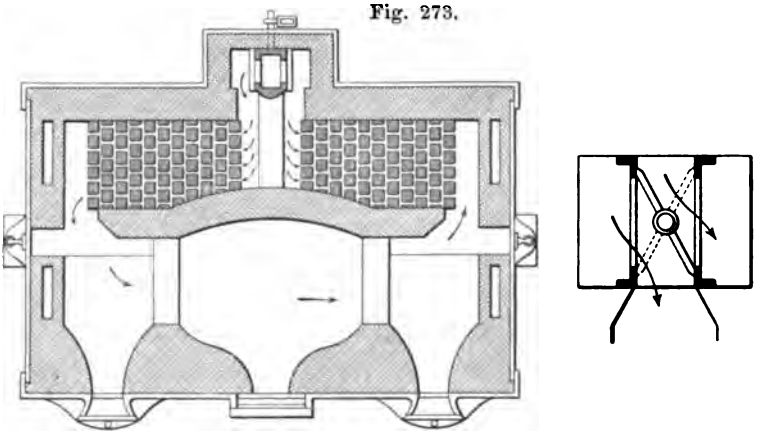
Karl Wilhelm Siemens ging 1851 nach England, wo er sich niederliefs. Er hat die hervorragendsten Verdienste um die Eisen- und Stahlindustrie, wofür er in den englischen Adelstand erhoben wurde. Friedrich Siemens, der seinen Wohnsitz in Dresden aufschlug, widmete seine Thätigkeit hauptsächlich der Glasindustrie, zeichnete sich aber hervorragend durch Verbesserungen von Heizanlagen aus. Die wichtigste derselben war die Erfindung der Regeneratoren. Zu derselben wurde er geführt durch die erfolgreichen Versuche, welche sein Bruder Wilhelm über die Regeneration des Dampfes gemacht hatte. Der Grundgedanke war die Wiederbenutzung der grofsen Wärmemenge, welche mit dem von Dampfmaschinen verbrauchten Dampf entwich. Indem er diesen Dampf von neuem erhitzte und ihm dadurch hohe Spannung verlieh, konnte er ihn der Maschine wieder zuführen und benutzen. Neu war diese Idee nicht. Wilhelm Siemens bezeichnete selbst Rob. Stirling in Dundee, der 1816 ein Patent auf eine Luftmaschine nahm, als den Erfinder des Regenerators; ja schon 1800 wurde dasselbe Princip beim Heifsluftwidder angewendet; 1837 hatte James Slater einen Ofen angegeben, bei dem die Verbrennungsluft durch die Abgase vorgewärmt wurde; einen ähnlichen Gasofen konstruierte R. Laminge 1847. Auf diesem Princip konstruierte Wilhelm Siemens zuerst 1847 eine Regeneratordampfmaschine und baute dann in den 50er Jahren eine Maschine mit drei Cylindern, wobei der Dampf des einen, nachdem er einen Erhitzungsapparat, den „Regenerator", passiert hatte, in den anderen trat. Diese Maschine erregte auf der Weltausstellung in Paris 1855 grofses Interesse.

Am 2. Dezember 1856 nahm Friedrich Siemens sein wichtiges Patent auf eine Anwendung desselben Princips für Öfen, in denen grofse Hitze erzeugt werden soll. Ebenso wie mit dem verbrauchten Dampfe einer Dampfmaschine, so entweicht mit den Feuergasen eine grofse Menge Wärme nutzlos. Die Arbeit, die sie meistens leistet, um den Zug der Esse zu erzeugen, steht in keinem Verhältnis zu der Menge der in den Feuergasen noch enthaltenen Wärme. Man hat deshalb schon früher zwischen Ofen und Herd mancherlei Apparate, wie Vorwärmer, Winderhitzungsöfen, Dampfkessel u. s. w. eingeschaltet.

Digitized by Google

Eine weit vollkommenere Ausnutzung der Hitze, welche nach einem allgemein anwendbaren Verfahren wieder zur Wärmeerzeugung verwendet wurde, bot Siemens' Regenerator, der im wesentlichen nach dem Wortlaut der Patentbeschreibung darin bestand, dafs die Hitze der Verbrennungsprodukte denselben dadurch entzogen wird, dafs man sie durch Kammern leitet, welche mit feuerfesten Materialien derart ausgesetzt sind, dafs sie grofse Wärme aufnehmende Oberflächen darbieten; und dafs dann diese aufgespeicherte Hitze Strömen von Luft oder Gasen, welche man abwechselnd über die erhitzten Flächen und in umgekehrter Richtung wie die Feuergase streichen läfst, mitgeteilt wird. Die Ströme von Luft oder Gas gelangen dadurch in immer stärker erhitzte Räume, bis sie am Ende mit einer sehr hohen Temperatur in den Verbrennungsraum austreten. Hierdurch kann eine fast unbegrenzte Hitze mit verhältnismäfsig wenig Brennmaterial erzeugt werden. Von

Fig. 273.



den so konstruierten Kammern, den „Regeneratoren", arbeiten immer je zwei zusammen, so dafs der eine angeheizt wird, während der andere die angesammelte Wärme an die durchströmende Luft abgiebt und umgekehrt, indem von Zeit zu Zeit durch geeignete Klappen oder Ventile die Ströme durch die beiden Generatoren umgestellt werden. Fig. 273 aus der Patentbeschreibung von Fr. Siemens von 1856 zeigt diese Anordnung bei einem Flammofen im Horizontalschnitt. Aufserdem kann ein damit verbundener, nach demselben Princip konstruierter Nebenapparat der Feuerung des Apparates selbst beständig heifse Luft zuführen.

Einen durchschlagenden Erfolg erzielten die Regeneratorfeuerungen seit dem Jahre 1858, nachdem man zur Gasfeuerung übergegangen war.

Dafs dieses Princip besonders auch für die Erhitzung der Gebläseluft für den Hochofen geeignet war, liegt auf der Hand. Wilhelm

Digitized by Google

Siemens, der die Regeneratoren alsbald in der Eisenindustrie verwendete und sie an Schmelz-, Raffinier- und Puddelöfen anbrachte, benutzte sie zwar nicht dafür, wohl aber, wie oben erwähnt, Cowper.

Sein Apparat bestand anfänglich aus zwei horizontalen oder vertikalen Regeneratoren, welche durch eine Steinkohlenfeuerung oder auch durch Gichtgase abwechselnd erhitzt wurden. In der sehr umfangreichen Patentbeschreibung sind vielerlei Bedingungen berücksichtigt und vielerlei Vorschläge gemacht. Die Ausführung gestaltete sich aber doch nicht so leicht und einfach, und erst 1860 gelang es Cowper, betriebsfähige Winderhitzungsapparate mit Regeneratoren für Hochöfen zu konstruieren. Aufser Cowper versuchten Krafft und J. Lowthian Bell (Patent vom 24. Januar 1860) dieses Princip zur Erhitzung des Gebläsewindes anzuwenden. Die Erfolge aller dieser Apparate entsprachen aber damals noch nicht den Erwartungen.

Für die Windberechnung hatten v. Hauer 1858 und Neuschild 1859 Tabellen veröffentlicht und J. Weisbach in seiner Ingenieur- und Maschinenmechanik (Bd. III, S. 425) 1860 eine vereinfachte Formel aufgestellt.

Die Gichtaufzüge waren entweder schiefe Ebenen nach älterer englischer Art mit doppelten Kettenzügen, in welchen die einzelnen Wagen oder Gestelle, auf denen mehrere Wagen zugleich hochgezogen werden konnten, eingehängt wurden, oder vertikale Aufzüge mit Seilscheiben und Förderschalen der Gestelle, die in vier starken Drähten, die durch Schrauben gespannt waren, geführt wurden. Die Dampfmaschine stand meist auf der Gicht des Hochofens. Für Gichtaufzüge ohne Dampfbetrieb waren die Aufzüge mit selbstentleerenden Wasserkasten beliebt.

Einen neuen pneumatischen Gichtaufzug errichtete B. Gibbon anfangs der 50er Jahre auf der Shut-End-House-Hütte bei Dudley[1]).

Direktor Langen auf der Friedrich-Wilhelmshütte bei Siegburg änderte den Wasseralfinger Windapparat dahin ab, dafs er statt der runden Röhren breite flache Röhren nahm, und den Wind nicht durch einen Strang, sondern gewöhnlich durch sechs Rohrstränge oder Schlangen gleichzeitig führte (Fig. 274 u. 275). In Hafslinghausen verbesserte man die Röhren dadurch, dafs man sie durch zwei Stege in drei Abteilungen teilte und verstärkte.

Diese Apparate bewährten sich sehr gut und fanden grofse Ver-

[1]) Über Gichtaufzüge schrieb damals Weisbach in seiner Ingenieur- und Maschinenmechanik 1853, Bd. 3, S. 453 und 458; Delveaux de Fenffe in Revue universelle, Lüttich 1857.

Digitized by Google

breitung zunächst in Westfalen, weshalb sie westfälische Apparate hieſsen, dann auch in Oberschlesien u. s. w.

Fig. 274.

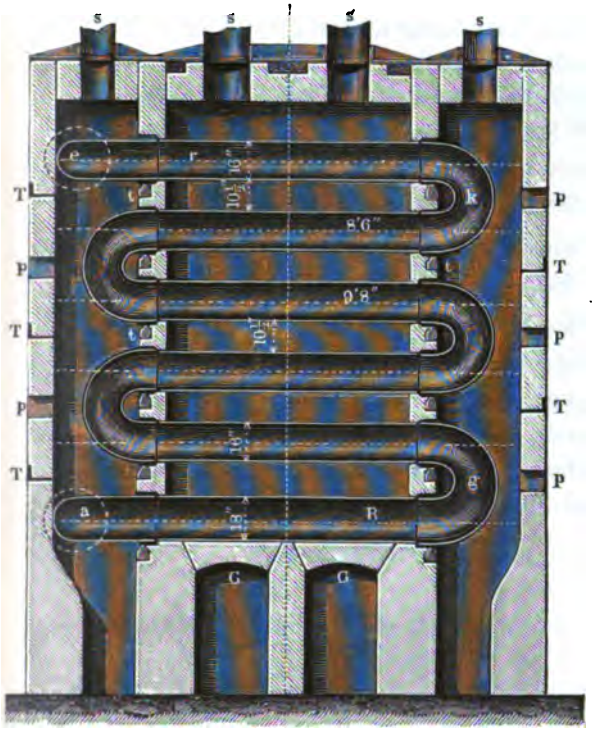
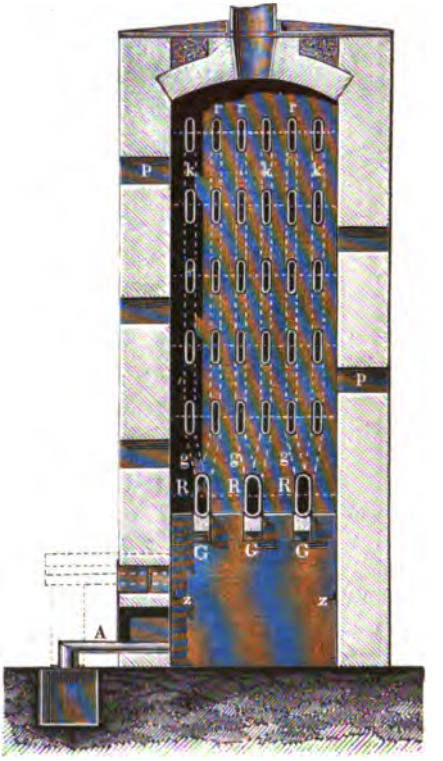


Fig. 275.



Zu Ende des Zeitraumes verbreiteten sich von Gartsherrie in Schottland aus die Pistolenröhrenapparate. Martin Baldwin hatte 1851 zu Bilston den ersten Rundofenapparat[1]) gebaut.

Die Hochöfen 1851 bis 1860.

Für die Roheisenerzeugung waren Vermehrung der Produktion und Verringerung des Kohlenverbrauches die leitenden Gesichtspunkte. Man suchte diese zu erreichen durch Vergrößerung der Hochöfen und durch stärker gepreſsten und heiſseren Wind. Die Gestalt der Hochöfen wurde hierdurch beeinfluſst, doch war für diese weit mehr die Art der Erze und besonders des Brennmaterials bestimmend. Einheitliche Grundsätze wurden nicht festgehalten, eher fällt die Verschiedenheit, ja die Willkür bei der inneren Gestalt der Hochöfen

[1]) Siehe Percy, Iron and steel, p. 413.

Digitized by Google

auf. Allerdings bestrebte man sich besonders in Deutschland, für die Form des Schmelzraumes und für das Verhältnis der einzelnen Ofenteile unter einander eine Gesetzmäfsigkeit nachzuweisen und diese in Formeln auszudrücken. Diese Bestrebungen erregten allgemeines Interesse, obgleich ihr praktischer Wert nicht grofs war.

v. Mayrhofer machte 1852 (im dritten Bande von Kraus, Österreich. Jahrbuch) „Regeln und Erscheinungen beim Hochofenbetriebe" bekannt und gelangte dabei zu folgendem Ausdruck für das Verhältnis des gröfsten Durchmessers eines Hochofens zur Windmenge:

$D^3 - 34\,D^2 = 0{,}91\,M$, kleinster Durchmesser des Kohlensackes,
$D^3 - 34\,D^2 = 1{,}287\,M$, gröfster „ „ „

wobei M die Windmenge in der Minute bezeichnet.

Lindauer, der diese Frage eingehender behandelte, bemerkte in seiner Anleitung zur Berechnung der Hochöfen[1]), dafs Mayrhofers Berechnung der Ofendimensionen unzureichend sei, da er dabei nicht alle mafsgebenden Faktoren berücksichtigt hätte. Er findet für den Durchmesser des Kohlensackes folgende Ausdrücke:

bei Holzkohlenhochöfen . . . . $D = 0{,}8448 \sqrt[3]{\frac{Z \cdot E}{24\,e}}$,

bei Kokshochöfen . . . . . $D = 0{,}8883 \sqrt[3]{\frac{Z \cdot E}{24\,e}}$,

bei Steinkohlenhochöfen . . . . $D = 0{,}9728 \sqrt[3]{\frac{Z \cdot E}{24\,e}}$.

E ist die Roheisenerzeugung in 24 Stunden, Z die Gichtenzeit, d. h. der Aufenthalt einer Gicht im Hochofen, der für Holzkohlen etwa 16, für Koks 40 und für Steinkohlen 48 Stunden betrug. e ist das Gewicht des Roheisens in Pfunden, welches in einem Kubikfufs der gesamten Beschickung enthalten ist.

Zu dem Durchmesser des Kohlensackes D sollen die anderen Dimensionen in der Regel in einem bestimmten Verhältnisse stehen und zwar betrüge bei

	Holzkohlen	Koks	Steinkohlen
der Durchmesser der Gicht	0,400 D	0,500 D	0,600 D
„ „ oben im Gestell . .	0,350 „	0,250 „	0,250 „
„ „ zwischen den Formen	0,250 „	0,210 „	0,250 „
die Höhe des ganzen Gestelles . . .	0,740 „	0,667 „	0,250 „
„ „ „ Obergestelles	0,490 „	0,457 „	0,146 „
„ „ „ Kohlensackes	0,292 „	0,113 „	0,506 „

[1]) Siehe Dingler, Polytechn. Journ., Bd. 136, S. 277 etc.

Digitized by Google

	Holzkohlen	Koks	Steinkohlen
die Höhe der Rast	0,464 D	0,842 D	0,644 D
„ „ des Schachtes	3,004 „	2,378 „	1,201 „
ganze Ofenhöhe	4,500 „	4,000 „	2,600 „
Rastwinkel	55°	65°	60°

Aus diesen Verhältniszahlen berechnen sich die Fassungsräume der einzelnen Teile des Hochofens wie folgt:

	bei Holzkohlen	bei Koks	bei Steinkohlen
Inhalt des Schachtes . . .	1,2270 D^3	1,0890 D^3	0,6158 D^3
„ „ Kohlensackes .	0,2293 „	0,0890 „	0,3972 „
„ der Rast	0,1789 „	0,2298 „	0,0659 „
„ des Obergestelles .	0,0350 „	0,0199 „	0,0072 „

Setzt man den räumlichen Inhalt (I) des ganzen Ofens gleich 1, so ist bei

	Holzkohlen	Koks	Steinkohlen
der Inhalt des Schachtes . . .	0,7347 I	0,7633 I	0,5670 I
„ „ „ Kohlensackes . .	0,1373 „	0,0624 „	0,3658 „
„ „ der Rast	0,1071 „	0,1611 „	0,0606 „
„ „ des Obergestelles . .	0,0209 „	0,0132 „	0,0066 „
	1,0000 I	1,0000 I	1,0000 I

Im allgemeinen war in dieser Periode das Bestreben vorherrschend, die Gicht des Ofens weiter zu machen. Truran verfiel in das Extrem, indem er vorschlug, den Hochofenschacht trichterförmig zu erweitern (Fig. 276), so dafs die Gicht weiter würde als der Kohlensack. Er ging dabei von Erfahrungen aus, die er in Süd-Wales gemacht hatte, wonach die Erweiterung der Gicht von $^1/_4$ auf $^1/_2$ des Kohlensackes eine Ersparnis an Kohle von etwa 50 Proz. zur Folge hatte. Hieraus zog er den falschen Schluſs, dafs eine noch gröfsere Erweiterung der Gicht eine noch gröfsere Ersparnis bedingen müsse und kam dadurch zu obigem Profil. Er behauptete, dafs die Vorbereitung der Erze und Brennmaterialien in einem solchen Ofen eine vollkommene sei, weil dieselben länger in dem Vorbereitungsraume, dem oberen Schachte, verweilten, und die Gase mit verminderter Geschwindigkeit dem Ofen entströmten. Der für die Röstung und Vorbereitung notwendige Faktor Zeit sei also hier in höherem Mafse

Fig. 276.

Digitized by Google

gegeben. Aufser Brennmaterialersparnis sollte diese Zustellung den Vorteil bieten, dafs man darin alle Brennmaterialien in rohem Zustande, namentlich jede Art von roher Steinkohle, aufgeben könne. Diese Erwartungen bestätigten sich aber keineswegs, und dabei hatte diese Schachtform den Nachteil, dafs die Gichten sehr leicht hängen blieben. Wenn aber Trurans Ofenprofil eine Übertreibung war, so lenkte sie doch die Aufmerksamkeit auf den Nutzen weiter Gichten, und in den meisten Fällen waren die Gichten der älteren Öfen, welche man nach dem Muster der Holzkohlenbetriebe erbaut hatte, für Koks oder gar Steinkohlenbetrieb zu eng. Zu Königshütte wurde durch Vergröfserung der Öfen besonders durch Erweiterung der Gichten die Produktion um mehr als die Hälfte vermehrt.

Ein alter Ofen war 40 Fufs hoch, mit 95 Quadratfufs Kohlensack, 17 Quadratfufs Gicht und hatte 569 Ctr. Wochenproduktion; ein neuer Ofen war 50 Fufs hoch, mit 176 Quadratfufs Kohlensack, 28¼ Quadratfufs Gicht und hatte 840 Ctr. Wochenproduktion.

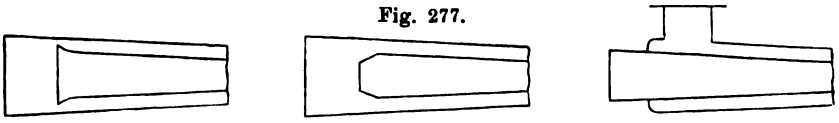
Für rohes Brennmaterial hatte die Praxis schon früher zu weiten Gichten geführt. Ebenso hatte John Gibbons 1844 bei seinem tonnenförmigen Normalhochofen (Fig. 156, S. 513) schon eine Gichtweite von 8 Fufs englisch bei 14 Fufs Kohlensackweite angegeben[1]). Dafs aber die weiten Gichten nicht für alle Fälle taugten, dafs vielmehr für leichtflüssige Beschickung enge Gichten bei weitem Schmelzraum den Vorzug verdienten, hat Tunner nachgewiesen[2]). Im allgemeinen ging das Streben damals mehr noch auf Erweiterung als auf Erhöhung der Eisenhochöfen. Die neueren englischen Kokshochöfen hatten bereits 120 bis 150 cbm Inhalt; 1860 hatte man in Schottland und Wales bereits Öfen von 230 cbm. Der Vergröfserung des Fassungsraumes entsprach die Vermehrung der Windmenge, die durch Erhöhung der Pressung und Vermehrung oder Erweiterung der Formen erreicht wurde. Nach Trurans Angabe hatten die in England üblichen Pressungen vordem für dichte kohlenstoffreiche Steinkohle (Anthracit) 0,208 bis 0,260 m Quecksilber, für leicht zerreibliche Steinkohle 0,104 bis 0,130, für dichte Koks 0,13 bis 0,18 m betragen. Zu seiner Zeit gab man aber Hochöfen von 2,40 m Gichtweite schon 0,233 m Quecksilber Pressung und er wollte dieselbe bis 0,311 m Quecksilber gesteigert wissen. Zu Aberdare bei Abernant wurde ein mäfsig hoher Ofen mit enger Gicht mit 10 Formen und sehr hoch gepreſstem Winde betrieben. Truran hielt aber nicht viel auf die grofse Anzahl Formen

[1]) Siehe Percy, Iron and steel, S. 688.
[2]) Tunners Jahrb., Bd. IX, p. 151.

Digitized by Google

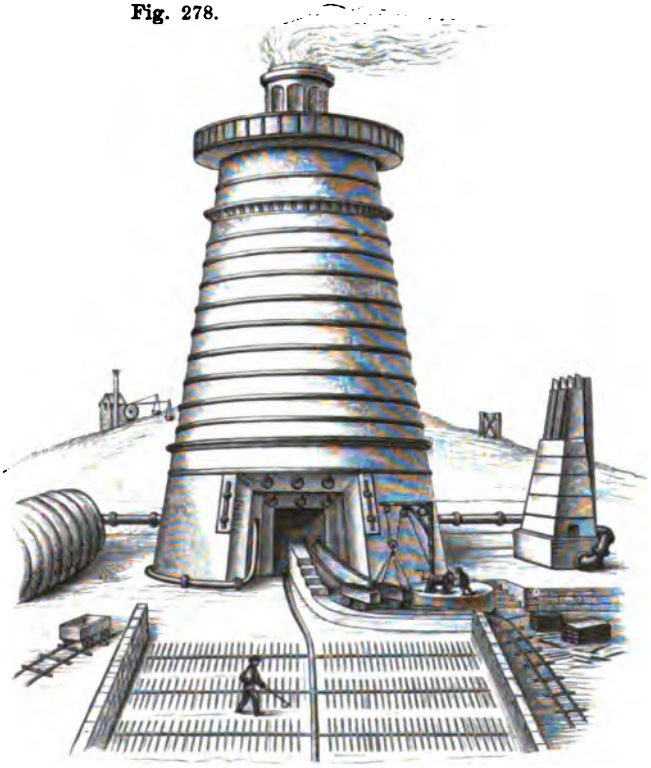
und behauptete, daſs man in Swansea mit drei Formen bessere Resultate erziele als mit sechs. Dagegen schlug er Verbesserungen bei der Windzuführung vor. Er behauptete nämlich, bei der gebräuchlichen Art der Windzuführung werde die Verbrennung zu sehr auf einen Punkt konzentriert. Sei die Pressung schwach, so liege das

Fig. 277.



Temperaturmaximum zu nahe an der Ofenwand, wodurch diese rascher zerstört werde; sei sie stark, so liege sie weit von der Ofenwand ab, und ein Teil des Gestelles in der Nähe der Wände werde infolge der Abkühlung durch den gepreſsten Windstrom unwirksam. Diesen

Fig. 278.



Übelständen will er begegnen durch ringförmig geteilte Düsen, welche aus zwei konzentrischen Röhren bestehen (Fig. 277), wodurch zwei Windströme von verschiedener Pressung gebildet werden. Je nach der Wahl der Düsen und dem Bedürfnis kann man dem äuſseren ringförmigen oder dem inneren geschlossenen Windstrahle die stärkere

Digitized by Google

Pressung geben. Die Düsen (Fig. 277) gestatten zugleich mit dem Winde Gas oder Dampf einströmen zu lassen. — Verbreitung haben diese beachtenswerten geteilten Düsen aber nicht gefunden.

Sehr eigentümlich war die Windführung bei den Hochöfen zu Ystalyfera. Dort waren damals die gröfsten Anthracitöfen in Süd-Wales. Jeder Ofen hatte 10 Formen, davon lag eine auf der Tümpelseite, 7 Fufs über dem Bodensteine. Auf jeder der anderen drei Seiten lagen je drei Formen, aber nicht in einer Ebene, sondern in Dreiecksstellung , so dafs die untere vom Boden nur 2 Fufs im Mittel abstand. Die Formen waren gufseiserne Wasserformen mit eingegossenen schmiedeeisernen Röhren. Man blies mit sehr hoher Windtemperatur (Zinkschmelzhitze) und 4¼ Pfund Pressung auf den Quadratzoll.

Fig. 279.

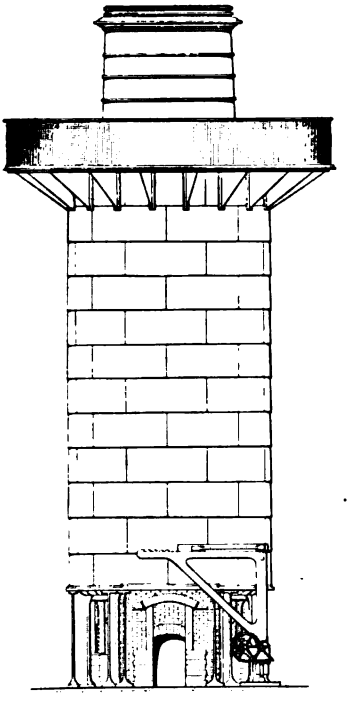


Fig. 278 (a. v. S.) stellt die gewöhnliche Gestalt und Anordnung eines englischen Hochofens in den 50er Jahren dar, derselbe hatte noch ein massiv ummauertes Gestell. Die Ummauerung diente zugleich als Sockel für das konisch zulaufende Mauerwerk des Schachtes, das mit eisernen Ringen gebunden war. Wie man aus der Zeichnung ersieht, hatten diese Hochöfen meist keine Giefshalle, vielmehr lagen die Masselformen, in welche man das Eisen beim Abstich laufen liefs, unter freiem Himmel. Die Schlacke flofs in einen Kasten, der auf einem Plattwagen stand und durch einen Kran abgehoben wurde, sobald er vollgelaufen war. Rechts erblickt man einen schottischen Winderhitzungsapparat, links einen weiten Windregulator von Eisenblech. Die Umreifung des Schachtmauerwerkes mit eisernen Bändern gestattete bereits das Rauhmauerwerk schwächer zu halten. In noch höherem Mafse war dies bei den schottischen Hochöfen, die ganz von einem starken Blechmantel umkleidet waren, der Fall.

Fig. 279 giebt die äufsere Vorderansicht eines solchen Ofens mit Blechmantel (ohne Wallstein) nach dem Muster, wie er zuerst zu Dundyvan in Schottland ausgeführt wurde. Hier ruht der cylindrische

Digitized by Google

Mantel und der dünne Rauhschacht bereits auf eisernen Tragsäulen, während die älteren schottischen Öfen eingebaute Gestelle hatten. Der ebenfalls aus Eisenblech konstruierte Gichtboden ruht auf Konsolen, die mit dem Blechmantel verbunden sind, und ist weit ausgeladen. Die Blechmäntel gestatten leichtere Konstruktion des Mauerwerkes und wohlfeilere Fundamentierung. Durch die Anwendung der Tragsäulen machte man das Gestell frei stehend und leicht zugänglich. Die Gestalt der Öfen war teils cylindrisch, teils schwach konisch.

Fig. 280.

In Deutschland waren damals die sogenannten belgischen Öfen (Fig. 280), mit dickem, massivem Mauerwerke, in Gestalt einer vierseitigen, abgestumpften Pyramide, eingebautem Gestell aus Puddingstein von Marchin, starker Verankerung mit Seiten- und Diagonalanker am meisten verbreitet, besonders in Rheinland und Westfalen; doch fing man auch bereits an, Öfen nach schottischem Muster mit frei stehendem Gestell zu bauen. Einer der ersten wurde auf der Hafslinghäuser Hütte in Westfalen[1]) erbaut (Fig. 281, a. f. S., und Fig. 282, S. 829).

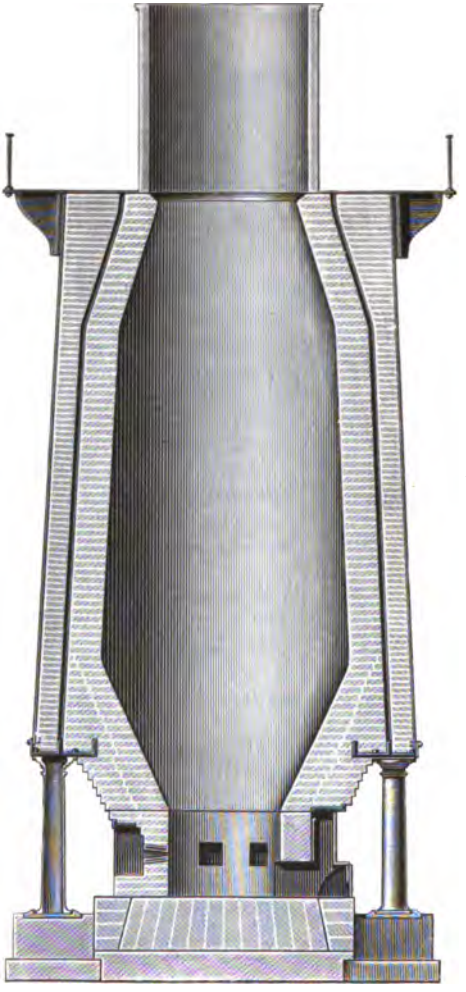
Sieben 3,05 m hohe Säulen trugen den gufseisernen Kranz von 7,32 m Durchmesser, der das Rauhgemäuer trug. Die inneren Mafse des Ofens waren 13,73 m Höhe, 2,75 m Gichtweite, 4,88 m Kohlensackweite, 1,68 m Weite des Gestelles, welches 2,14 m hoch war. Der Ofen, der Kohleneisenstein (blackband) verschmelzen sollte, hatte sechs Formen.

[1]) Siehe Beschreibung und Abbildung von Lürmann in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1857, S. 296.

Digitized by Google

Für frei stehendes Gestell und senkrechten Ofenschacht sprach sich 1856 auch Steinbeis entschieden aus. Schottische Öfen mit Blechmänteln wurden 1854 auch zu Ruhrort auf der Hütte der Gesellschaft Phönix und vier dergleichen zu Stieringen an der Saar erbaut. Die Hochöfen der neuen Hütte zu Hörde waren dagegen nach belgischem Muster konstruiert [1]).

Fig. 281.



In dem Baumaterial für die Hochöfen war Deutschland damals ebenfalls noch vielfach vom Auslande abhängig. Für die Hochöfengestelle galten als bestes Material entweder belgische Puddingsteine von Marchin bei Huy oder schottische Chamottesteine der Garnkirk-Gesellschaft. Von den vier Hochöfen zu Hörde, welche um die Mitte der 50er Jahre erbaut wurden, waren die Öfen Nr. II und III mit Garnkirksteinen, Nr. I und IV mit belgischen Puddingsteinen zugestellt. Die Steine für den Hochofenschacht waren von Andennes bei Charleroi bezogen.

In Schweden vollzog sich eine Umwandlung der Hochofenzustellung im Sinne der englischen Tonnenform; dabei führte man die Zustellung mit Masse ein. Ein eigentümliches Profil mit cylindrischem Schacht, elliptischem Gestell und aus dem Mittel liegenden Formen zeigt ein 1857 zu Finspong errichteter Hochofen (Fig. 283).

---

[1]) Siehe Beschreibung und Abbildung von Schliwa in Försters allgemeiner Bauzeitung von 1857.

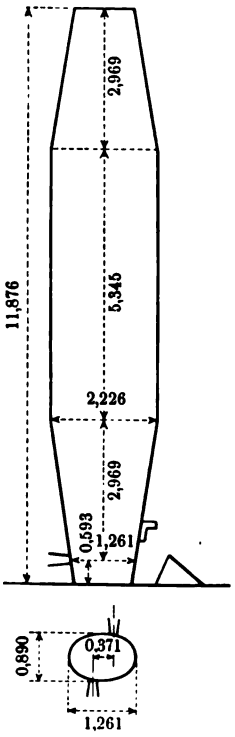
Digitized by Google

Während man in den meisten Gegenden an einer mittleren Ofenhöhe von 48 Fuſs (15 m) festhielt, erhöhte man in dem Distrikt von Cleveland in Nord-Yorkshire, wo sich rasch eine groſsartige Hochofenindustrie auf Grund der neu entdeckten mächtigen Erzablagerungen aus der Liasformation entwickelte, die Hochöfen in rascher Aufeinanderfolge.

Fig. 282.

Bolkow und Vaughan, die gröſsten Hochofenbesitzer in jenem Gebiete, erbauten ihre ersten Hochöfen 1851 42 Fuſs (13 m) hoch mit 15 Fuſs (4,7 m) im Kohlensacke und 4566 Kubikfuſs (137 cbm) Inhalt; erhöhten sie dann 1853 auf 54 Fuſs (16,9 m) mit 15 Fuſs im Kohlensacke und 7175 Kubikfuſs (215 cbm) Inhalt (sechs Hochöfen) und 1858 auf 61 Fuſs (19,9 m) mit $16^1/_3$ Fuſs (5 m) im Kohlensacke und 7960 Kubikfuſs (238 cbm) Inhalt.

Fig. 283.



In Österreich hielt man an der geschlossenen Ofenbrust fest, und Tunner trat lebhaft für die Vorzüge dieser Zustellung ein. Zu Mariazell war man von der offenen Brust wieder zu der geschlossenen zurückgekehrt, wobei man den Schlackenabstich auf die Rückseite verlegte.

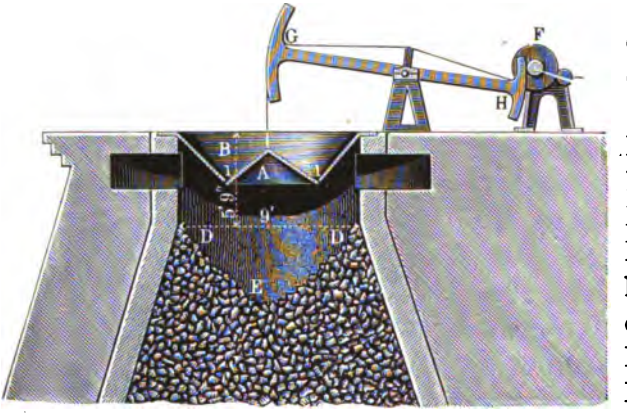
Ende der 50er Jahre machte sich eine Bewegung für eine elliptische Querschnittsform der Hochöfen geltend. In Deutschland hatte der Hüttenmeister Abt zu Malapane im April 1857 dieses Profil empfohlen. Bald darauf trat Alger in Amerika für diese Ofenform auf und erwarb Patente dafür in Amerika und England (13. Oktober 1857). Die Hudson-Eisengesellschaft baute 1858 zwei Öfen danach um, und im folgenden Jahre (1859) entstand Algers Patent Furnace Company in London, welche solche Öfen nach Algers Vorschlag erbauen wollte. Die Resultate der zu Fort Edwards in Nord-Amerika erbauten Algeröfen fielen angeblich durch erhöhte Produktion günstig aus.

Digitized by Google

Eine völlige Umwälzung im Hochofenbau bezweckte Fabry[1]) 1855 mit seinem Hochofen mit umgekehrter Flamme. Bei diesem sollte der Wind aus einer den Ofen von oben bis unten umgebenden Röhre an vielen Punkten eintreten, und die Gase nicht durch die Gicht austreten, sondern niederwärts bis zum Boden strömen und von da durch einen Kanal einer Esse zugeführt werden. Fabry glaubte hierdurch jede Art roher Steinkohle verwenden zu können. Einen praktischen Erfolg hatte dieser eigentümliche Vorschlag nicht.

Die Abführung der Gase war in Deutschland bereits ziemlich allgemein geworden. In England, wo das Brennmaterial viel billiger war, die Frage der Kohlenersparnis deshalb nicht so dringend war, fand die Benutzung der Hochofengase nur langsam Eingang. Doch bewirkte die Londoner Ausstellung von 1851, dafs dieselbe auch in England gröfsere Beachtung fand. Die älteren Versuche von Budd zu Ystalyfera haben wir schon angeführt. Ebenso haben wir den Gasfang von Ebbw-Vale von 1850 bereits erwähnt (S. 520). Dieser von George Parry erfundene Apparat, der als Parryscher Trichter (cup and cone) bekannt wurde, fand auch in Deutschland grofse Verbreitung. Fig. 284 ist die Abbildung dieser Einrichtung, wie sie Parry 1850 bei den Hochöfen zu Ebbw-Vale einführte. Sie hatte den grofsen Vorteil, dafs dadurch die Beschickung ringförmig am Rande des Ofens aufgegeben wurde, was bei den weiten Gichten des Vorrollens der Erze wegen notwendig war. John James zu Blaina in Süd-Wales erfand 1851 den Fig. 285 abgebildeten Teleskopenapparat, bei dem der Trichter auf eisernen Balken festsafs, und sich ein bewegliches Cylinderstück daraufsetzte. Dieser Apparat wurde auch bei den Hochöfen von Cwm-Cellyn eingeführt. Doch hat er

Fig. 284.



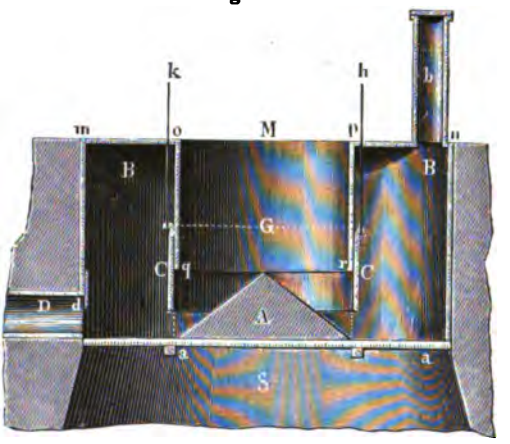
[1]) Siehe Annales des mines 1855, Nr. 37; Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 138, S. 207.

Digitized by Google

sich nicht so bewährt als der von Parry, weil er komplizierter war, und die Tragbalken oft durchbrannten. H. Blackwell zu Dudley in Staffordshire erwarb sich um die Abführung der Gase Verdienste. In Schottland hatte man 1845 zu Dundyvan einen Versuch zur Auffangung der Gase gemacht, aber erst 1852 fing man zu Coltnefs an, dieselben zum Rösten der Erze zu verwenden.

Während bei den oben erwähnten Gasfängen die Beschickung des Hochofens dem Auge entzogen war, konstruierte William Oakes 1857 einen Apparat, der im wesentlichen aus einem Deckel bestand, in dessen Mitte sich ein Rohr befand, welches die Gase abführte. Um das Rohr herum waren in dem Deckel fast horizontale Beschickungsthüren angebracht, welche sich öffnen und schliefsen liefsen [1]).

Fig. 285.



Die sehr einfachen Apparate von R. C. Darby zu Brymbo bei Wreshham 1857 und von Schäffler (1858) entzogen durch eine in die Gicht eingehängte Röhre dem Hochofen nur einen Teil seiner Gase. Vollkommener, aber auch viel komplizierter war die centrale Ableitung der Gase durch eine Röhre mit gleichzeitigem dachförmigen Ringverschluss, welchen Coingt zu Aubin in Frankreich 1856 [2]) konstruirte.

Ebenso fand die Winderhitzung eine allgemeinere Anwendung, obgleich es nicht an Gegnern derselben fehlte, besonders in England. Truran war der bekannteste. Er behauptete, der Einfluss des heifsen Windes auf die Vermehrung der Produktion werde sehr überschätzt. In Wahrheit komme davon nur $^1/_{10}$ auf die Wirkung der Winderhitzung, während $^9/_{10}$ anderen gleichzeitigen Verbesserungen zuzuschreiben seien. Es war dies eine der einseitigen Übertreibungen Trurans. Richtiger ist, dafs der heifse Wind unter Umständen ungünstiger auf die Qualität des Eisens einwirkt, und dies war denn auch die Ursache, dafs in England kalt erblasenes Roheisen (cold blast pig) höher im Preise stand als heifs erblasenes.

[1]) Siehe Wedding, Eisenhüttenkunde, Bd. II, S. 345.
[2]) Siehe Wedding, a. a. O., Bd. II, S. 340.

Digitized by Google

Die Wirkung der Winderhitzung und die Ökonomie der Wärme im Hochofen begründete Schinz[1]) gründlicher, indem er nicht nur die Wirkung in Betracht zog, welche durch die Vorwärmung des Windes und des Brennmaterials hervorgebracht wird, sondern auch die durch die höhere Pressung und durch die Strahlung veranlafste.

Zum Schutze gegen die zerstörende Wirkung der Hitze, insbesondere auf die Gestellwände begann man sich allgemeiner der Wasserabkühlung zu bedienen. Tümpel und Wallstein schützte man durch hohle Eisenplatten, durch welche Wasser flofs. Aber auch das Gestell begann man durch eiserne Wasserkasten zu kühlen. Solche Kühlgefäfse wendete der Schmelzmeister Höhn bereits 1853 zu Mühlheim a. d. Ruhr an. Es waren geschlossene gufseiserne Kasten, ähnlich den Kühlbrücken bei den Puddelöfen. Derartige ringförmige Kasten, meist aus drei Segmenten bestehend, waren auch in England (Cleveland) bereits im Gebrauch. Auf der Henrichshütte Hattingen brachte man 1857 offene Wasserbassins in den Ofengewölben an, um das Gestell zu kühlen.

Wenden wir uns zum Betriebe der Hochöfen, so spielte hierbei die Art des Brennmaterials die wichtigste Rolle. Der Hochofenbetrieb mit Holzkohlen befand sich in sehr ungünstiger Lage gegenüber dem Betriebe mit mineralischem Brennstoff, weil er meistens auf einen beschränkten Bezug angewiesen war, während die unbeschränkte Verwendung von Koks und Steinkohlen die Massenproduktion und damit die Verbilligung des Eisens begünstigte. Hierdurch wurde die Holzkohlenindustrie mehr und mehr zurückgedrängt und mufste unterliegen, wo sie nicht durch besonders günstige Verhältnisse unterstützt wurde. Bedeutende Metallurgen bemühten sich, durch Vorschläge und Verbesserungen der Holzkohlenindustrie in ihrem Kampfe gegen die Steinkohlen aufzuhelfen. In Frankreich beschäftigte sich Le Play eingehend mit dieser Frage und veröffentlichte darüber eine vortreffliche Abhandlung[2]). Die Vorschläge, die er für das französische Holzkohlen-Eisenhüttenwesen machte, waren Konzentration der Betriebe und technische Verbesserungen, namentlich Einführung des Gasbetriebes wie in Kärnten, den er als Muster anführte. Die Konzentration der Betriebe sollte dadurch erreicht werden, dafs

[1]) Siehe Schinz, Wärmemefskunst, S. 220.

[2]) Siehe Annales des mines, 5. sér., t. III (1853); deutsch von C. Hartmann unter dem Titel: Grundsätze, welche die Eisenhüttenwerke mit Holzbetrieb und die Waldbesitzer befolgen müssen, um den Kampf gegen die Hütten mit Steinkohlenbetrieb erfolgreich führen zu können, 1854.

Digitized by Google

ein grofses Eisenwerk gegründet wurde, welches nicht nur die ausreichenden Hütten- und Walzwerksanlagen, sondern auch über den genügenden Waldbesitz für die regelmäfsige Produktion von 100000 Meter-Centnern im Jahre verfügte. Die technischen Verbesserungen sollten sich ebensowohl auf die Forstkultur, die Vorbereitung des Holzes durch Trocknen, Darren und Verkohlen als auf Hochofenkonstruktion, Feuerungsanlagen, Gasbetrieb u. s. w. erstrecken, wobei der gröfste Nutzen aus der Grofsartigkeit und dem einträchtigen Zusammenwirken von Forst- und Hüttenbetrieb erwartet wurde. Auf dieser Grundlage stellte Le Play einen vollständigen Betriebsplan auf mit Rentabilitätsberechnungen, die sehr günstig aussahen.

Auf ganz ähnlichen Voraussetzungen beruhten die Reformvorschläge und Berechnungen des Bergrats Schübler für Württemberg aus derselben Zeit. — Da die Grundlage beider eine hypothetische und mit den wirklichen Verhältnissen nicht übereinstimmende war, so hatten diese Vorschläge nur den Wert, dafs sie auf die Mängel der herrschenden Zustände hinwiesen. Weder in Frankreich noch in Württemberg war die Staatsregierung geneigt, der Forstverwaltung so grofsen Zwang und solche grofse Kosten zu Gunsten der Eisenindustrie aufzuerlegen, als hierbei vorausgesetzt war.

Dr. A. Gurlt[1]) wollte ebenfalls den Holzkohlenländern durch Einführung des Gasbetriebes helfen. Er schlug vor, die Erze in Schachtöfen mit Gasfeuerung zu reduzieren und zu kohlen und das so erhaltene Produkt in Flammöfen zu Roheisen, Stahl oder Stabeisen zu verarbeiten. Praktischen Erfolg hatten auch diese Vorschläge nicht, ebensowenig, wie die von Ferd. Laafs und Hetzendorf[2]), welche die Hochöfen mit Gas statt mit festem Brennmaterial betreiben wollten.

Dagegen führte man an verschiedenen Orten gemischte Betriebe, wobei man einen Teil der Holzkohlen durch Holz, Torf oder Koks ersetzte, mit ökonomischem Erfolge durch; einen solchen mit Holzkohle und gedarrtem Holz bis zu 80 Proz. hatte man zu Rübeland im Harze 1851 und 1852 versucht. Hierbei wurde unter gesteigertem Gichtenwechsel und erhöhter Produktion, bei einer sehr weiten Gicht gutes graues Giefsereiroheisen erblasen. Auch Tunner[3]) empfahl unter Umständen die teilweise Verwendung von trockenem Holz in

[1]) Dr. A. Gurlt, Die Roheisenerzeugung mit Gas. Freiberg 1857.
[2]) Siehe Österr. Zeitschr. 1858, S. 245.
[3]) Leobener Jahrbuch, Bd. IV, S. 210.

Digitized by Google

viereckigen Klötzen von etwa 4 Fuſs Länge, und zwar bis zu $^1/_4$ bis $^1/_3$ der ganzen Brennstoffmenge, wobei Hochöfen mit weiten Gichten anzuwenden seien. Daſs man zu Champigneuilles bei Nancy auch Koks durch grünes Holz mit Vorteil ersetzen konnte, war eine lokale Ausnahme.

Wichtiger noch war die Verwendung des Torfes als Ersatz eines Teiles der Holzkohle beim Hochofenbetriebe. Die Versuche, welche damit zu Malapane, Kreuzburger Hütte und Winklerhütte gemacht worden waren, hatten bei kaum $^1/_4$ lufttrockenem Torf ungünstigen Erfolg[1]). Günstiger fielen schon die Versuche auf Tangerhütte mit verkohltem und gedarrtem Torf aus[2]). Entschiedenen Erfolg hatte man dagegen zu Pillersee in Tirol und auf dem Fürstl. Dietrichsteinschen Werke zu Ransko in Böhmen. Zu Pillersee[3]) verwendete man 10 Kubikfuſs Torf für 40 bis 58 Kubikfuſs Fichtenkohle, und man konnte bis 40 Proz. Holzkohlen durch Torf ersetzen. Zu Ransko, wo man einen sehr guten Torf hatte, gab man sogar 70 Proz. Torf und 30 Proz. Holzkohlen auf, und den Kupolofenbetrieb betrieb man nur mit Torf. Der Torf wurde hier mit der Gichtflamme getrocknet. Zu Weyherhammer in Bayern ersetzte man ebenfalls $^1/_3$ der Holzkohlen im Hochofen durch Torf. Die gleichen Versuche wurden bei der Karolinenhütte zu Achthal und zu Hammerau in Bayern gemacht.

Viel häufiger war die Verwendung eines Gemisches von Holzkohlen mit Koks im Hochofen, besonders in Frankreich und Deutschland. In Frankreich wurde von der Gaskompanie in Marseille Ende der 50er Jahre ein Hüttenwerk zu St. Louis erbaut, das mit Gaskoks betrieben wurde.

Der Brennstoffaufwand war zumeist abhängig von der Natur der Erze. Mayrhofer stellte Formeln zur Berechnung desselben auf und berechnete danach Tabellen dafür. Daſs aber auch die Zweckmäſsigkeit der Betriebsvorrichtungen den Kohlenverbrauch erheblich beeinfluſste, dafür lieferten die Hütten in den österreichischen Alpenländern, welche ähnliche Erze verarbeiteten, Beispiele. Die Hütten zu Vordernberg hatten 1845 noch 105 Proz. Kohlenverbrauch bei 100 Ctr. Tagesproduktion, 1855 75 Proz. Kohlenverbrauch bei 160 Ctr. Tagesproduktion. Den günstigsten Betrieb hatte der Hochofen des Barons

---

[1]) Siehe Wachler, Über die Lage des Eisenhüttenbetriebes in Oberschlesien, Preuſs. Zeitschr., Bd. II, S. 135.

[2]) Schäffler, Preuſs. Zeitschr., Bd. II, S. 172.

[3]) Siehe Tunner, Jahrbuch von Leoben 1854, S. 236; Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1856, Nr. 40 u. 1857, Nr. 19.

Digitized by Google

v. Dickmann zu Lölling in Kärnten. Hier wurde auf 1 W.-Ctr. Roheisen nur 9,3 Kubikfuſs Fichtenkohle = 65 Pfund verbraucht. In Schweden betrug der kleinste Holzkohlenverbrauch zu Langshyttan $10^1/_3$ Kubikfuſs, der gröſste zu Finspong 18 Kubikfuſs für 100 Pfund Guſseisen. — Einen Unterschied machte auch die Art des Roheisens. In dieser Beziehung stellte Kirschweger 1859 folgende Mittelwerte für den Kohlenverbrauch (Holzkohle oder Koks) fest: für kohlenstoffarmes, weiſses Roheisen 0,33 Proz. der Beschickung, für halbiertes 0,36 Proz. und für graues Roheisen 0,39 Proz.

Nächst der Art des Brennmaterials war die Natur der Erze maſsgebend für die Gestalt und den Betrieb der Hochöfen.

Neue und reiche Erzlager wurden in dieser Periode eröffnet, welche die Grundlage neuer bedeutender Hochofenbetriebe wurden. Die wichtigsten waren die bereits erwähnten ausgedehnten Erzlager im Clevelanddistrikt in Nord-England, auf welche sich die groſsartige Eisenindustrie von Middlesborough aufbaute. In Westfalen gab die Entdeckung der Kohleneisensteine (black band) im Ruhrgebiete durch Bergassessor Schneider in Kassel (1850 bis 1852) Veranlassung zur Gründung groſser Hochofenhütten, wie die zu Hörde, Haſslinghausen, Aplerbeck und Henrichshütte bei Hattingen. Letztere verschmolz auſserdem ein ebenfalls neu entdecktes sehr merkwürdiges Erz, einen reinen krystallinischen Eisenspat, der lagerartig in der Kohlenformation auftrat. In Nord-Amerika erzeugte man aus Franklinit vorzügliches Roheisen.

Wie günstig eine gute Aufbereitung der Erze den Hochofenbetrieb beeinfluſste, dafür bot die Schreckendorfer Hütte in der Grafschaft Glatz, welche Magneteisenstein mit Brauneisenstein verschmolz, ein Beispiel [1]).

Zum Rösten der Erze erfand Westman in Schweden einen Gasröstofen. Die ersten dieser Öfen wurden 1851 zu Söderfors bei Danemora erbaut.

Truran hob mit Recht die groſse Wichtigkeit eines vorsichtigen, gründlichen Anwärmens der Hochöfen hervor. Ebenso wendete man dem Aufgichten gröſsere Aufmerksamkeit zu, was allerdings um so notwendiger wurde, je weiter man die Gichten machte. Zu dem Zwecke konstruierte man Erzgichtenwagen mit beweglichem, konischem Boden (Fig. 286, a. f. S.), welche die Erze ringförmig am Schachtrande aufgaben. Solche Wagen beschrieb Hüttenmeister Brand

[1]) Siehe Preuſs. Zeitschr., Bd. I, S. 189.

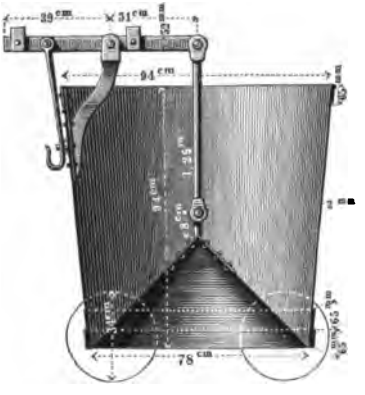
Digitized by Google

zu Gleiwitz 1853[1]). Ähnliche verwendete Stahlschmidt zu Hafslinghausen 1858. Über die Gasfänge mit Verteilungskegel haben wir oben schon gesprochen.

Mit gutem Erfolge verwendete man 1850 zu Ougrée in Belgien gebrannten anstatt rohen Kalk als Zuschlag. Man ersparte dabei nach Montefiore Levy für jede 100 kg Kalkstein, wofür man 63 kg gebrannten Kalk aufgab, 12 kg Koks. Eck erzielte diesen guten Erfolg bei seinen auf der Königshütte angestellten Versuchen aber keineswegs. Dagegen zerkleinerte man in Gleiwitz mit Nutzen den Kalk zwischen Quetschwalzen.

Calvert machte Frisch-, Puddel- und Schweifsschlacken im Hochofen zu gute, indem er sie innig mit Kalk mengte, und zwar nahm er für Puddelofenschlacke 15 bis 25 gebrannten, 20 bis 30 gelöschten oder 25 bis 30 rohen Kalk. Martien bereitete dagegen die Frischschlacken zum Verschmelzen im Hochofen dadurch vor, dafs er sie im Flammofen einschmolz und Luft und Wasserdampf durchleitete. Frey und Lang führten zu Storé in Steiermark ein schon von Berthier und D. Mushet (1822) empfohlenes Verfahren ein, indem sie die zerkleinerten Schlacken mit Kalk und Kohlenpulver mischten, beziehungsweise das Gemenge von Schlacken und Kohlen in Kalkmilch einbanden, in Haufen trockneten, dann in Stücke zerschlugen und diese im Hochofen oder in einem kleinen kupolofenartigen Schachtofen von 16 Fufs Höhe aufgaben. Die Zusammensetzung ihrer Mischung bestand aus 25 Tln. gebranntem Kalk, 65 Tln. Puddel- und Schweifsschlacke und 10 Tln. Kohlenlösche. Sie wollen bei diesem Verfahren sogar ein manganfreies Spiegeleisen erzeugt haben. In derselben Weise liessen sich auch mulmige Eisenerze oder Erzstaub mit Vorteil behandeln.

Fig. 286.



Über den grofsen Nutzen der geschlossenen Formen veröffentlichte Hütteninspektor Brand in Gleiwitz einen Aufsatz[2]).

Belgische Hochofentechniker (zu Esperance) empfahlen Ende der

[1]) Siehe Karstens u. v. Dechens Archiv, Bd. 25, S. 565.

[2]) Siehe Karstens Archiv, Bd. XXV, S. 560; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1853, S. 577.

Digitized by Google

50er Jahre ein intermittierendes Blasen als vorteilhaft. Die Versuche, die man aber auf der Lendersdorfer Hütte bei Düren und zu Oberhausen damit machte, indem man 55 Minuten blies und dann 5 Minuten lang das Gebläse abstellte, hatten nur ungünstige Ergebnisse.

Entsprechend den gröfseren Hochöfen und den stärkeren Gebläsen steigerte sich die Tagesproduktion in dieser Periode bedeutend und erreichte bei reichhaltiger, gutschmelziger Beschickung eine früher ungekannte Höhe. Die gröfste Produktion, von der berichtet wird, hatten die Hochöfen von Schneider, Hannay & Komp. zu Barrow bei Ulverstone, von denen Ofen Nr. II 330 Tonnen in der Woche, also 47,25 Tonnen jeden Tag lieferte.

Ebenso erreichte man in diesem Zeitraume ungewöhnlich lange Hüttenreisen; die längste auf dem Kontinente erzielte der Ludowikaofen zu Hiflau in Steiermark, welche vom 9. März 1845 bis 14. Mai 1853 (458 Wochen) dauerte. Der Kaiser Ferdinand-Ofen zu Hiflau hatte die gröfste Produktion in Österreich bis zu 2100 W.-Ctr. in der Woche.

Zur Theorie des Hochofenprozesses lieferten Ebelmen, Gurlt, Jullien u. a. Beiträge, die wichtigste und vortrefflichste Arbeit darüber verdanken wir aber Peter Tunner.

Ebelmen[1]) fafste 1851 das Ergebnis seiner Untersuchungen in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die Gebläseluft erzeugt bei ihrem Eintritt in den Hochofen Kohlensäure und grofse Hitze, in kurzem Abstande davon wird aber die Kohlensäure durch die vorhandene Kohle zu Kohlenoxydgas reduziert, wodurch eine grofse Wärmeverminderung entsteht: dieses ist die Schmelzzone.
2. Der aufsteigende Gasstrom von Kohlenoxydgas, Stickstoff und etwas Wasserstoff erhitzt die Schmelzsäule und reduziert das Eisenoxyd. Bewirkt die Kohle direkt die Reduktion, so findet eine Zunahme von Kohlenoxydgas statt, während Kohlenoxydgas bei der Reduktion des Eisenoxyds in Kohlensäure übergeht. Die Reduktion des Eisenoxyds durch Kohle und Umsetzung in Kohlenoxyd bewirkt eine Absorption von Wärme. Das an Kieselsäure gebundene Eisen reduziert sich erst bei sehr hoher Temperatur.
3. Die Zone, wo nur Kohlenoxydgas existiert, ist bei den Kokshochöfen viel gröfser als bei den Holzkohlenöfen. Die Zone,

[1]) Nouvelles recherches sur la composition des gaz des hauts-fourneaux et sur la theorie de ces appareils. Annales des mines, IV. sér., t. XIX, p. 89 (1885).

Digitized by Google

worin Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduziert wird, liegt bei den Kokshochöfen viel näher der Gicht; bei heifsem Winde liegt sie tiefer.

4. Die Destillationsprodukte in den Gichtgasen bewirken keine chemische Umwandlung der Erze.

Gurlt stellte die Ansicht auf, dafs ein Teil des Eisens mit Kohlenstoff gesättigt als Viertelkarburet in die Schmelzzone einträte. Ist daselbst die Hitze nicht wesentlich höher als in der Kohlungszone, so schmilzt das Eisen zu weifsem Roheisen, unter Umständen zu Spiegeleisen; ist sie aber wesentlich höher, so zerfällt das mit Kohlenstoff gesättigte Eisen in Achtelkarburet und Graphit, und es entsteht graues Roheisen.

Julliens Theorie des Hochofenprozesses[1]) ist wesentlich beeinflufst durch Chenots Verfahren der Stahlbereitung. Er nimmt drei Perioden an; in der ersten finde die Verwandlung der Erze in Stahlschwamm statt, in der zweiten die Verwandlung des Stahlschwammes in Gufsstahl, in der dritten die Verwandlung des Gufsstahles in flüssiges Roheisen. Der erste Vorgang finde im Schachte, der zweite in der Rast, der dritte im Gestelle statt. Im Anschlufs hieran fügt Jullien Tabellen bei: 1. Über den relativen Kohlenstoffverbrauch in den verschiedenen Teilen des Hochofens bei verschiedenem Materialverbrauch; 2. über den gesamten Kohlenverbrauch in der Stunde und auf den Quadratmeter des Kohlensackquerschnittes bei verschiedenem Brennmaterialverbrauch (85, 180 und 280 kg Holzkohle, Koks und Steinkohle für 100 kg Roheisen); 3. über die Roheisenproduktion auf den Quadratmeter des Kohlensackes bei verschiedenem Kohlenstoffverbrauch und verschiedenen Windmengen.

Peter Tunner[2]) stellte 1859 in Verbindung mit dem Chemiker Robert Richter an dem Wrbnaofen zu Eisenerz und dem Kaiser Franz-Ofen zu St. Stephan sehr wichtige Versuche an, um die Vorgänge im Hochofen, namentlich auch die Wärmeverteilung unmittelbar festzustellen. Zunächst wurde die chemische Untersuchung der Gase bei dem 11,38 m hohen Wrbnaofen in fünf verschiedenen Höhen, von denen die tiefste nur 0,10 m über den Formen lag, vorgenommen. Auf Grund derselben bekämpfte Tunner die falsche Ansicht, als ob der ganze Sauerstoff der Gebläseluft vor den Formen zu Kohlensäure

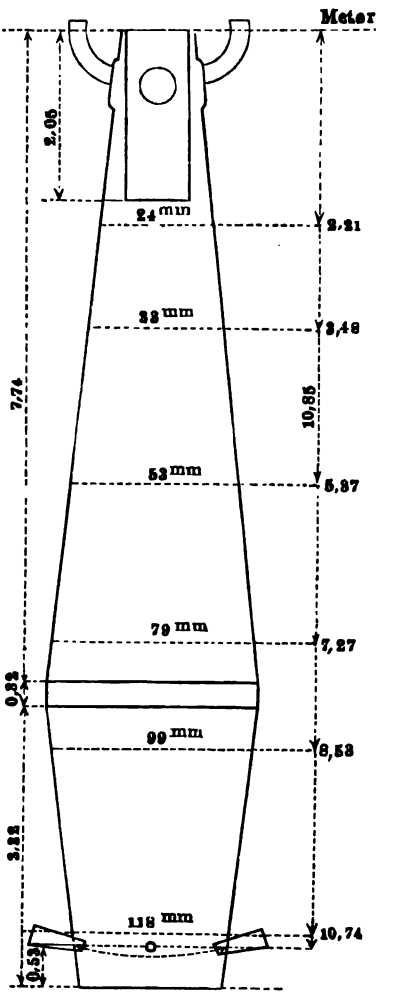
[1]) Siehe Jullien, Handbuch der Eisenhüttenkunde, S. 133.

[2]) Siehe Beitrag zur näheren Kenntnis des Eisenhochofenprozesses durch direkte Bestimmungen, Jahrbuch von Leoben etc. 1860, S. 281.

Digitized by Google

verbrenne und dann wieder zu Kohlenoxydgas reduziert werde, auf welcher Voraussetzung die Temperaturberechnungen von Scherer und anderen beruhten. Er fand in der sogenannten Oxydationszone 0,10 m über der Form bereits viel mehr Kohlenoxydgas als Kohlensäure, nämlich auf 66,34 Stickstoff 22,06 Kohlenoxyd und 11,60 Kohlensäure. Er nimmt deshalb an, dafs auch unmittelbar vor der Form nur der kleinere Teil des Brennstoffs vollständig zu Kohlensäure verbrenne und dafs im Focus wahrscheinlich Kohlensäure, Kohlenoxydgas und freier Sauerstoff nebeneinander bestehen. 2 bis 3 Zoll über der Form waren die Gase vorwaltend kohlender oder reduzierender Natur, nicht aber, wie sonst angenommen wurde, oxydierend. Deshalb ist auch die Temperatur vor den Formen keineswegs so hoch, als die Berechnungen auf Grund der obigen irrigen Voraussetzung ergaben. Dies wurde bestätigt durch Tunners Wärmemessungen, welche den wichtigsten Teil seiner historisch bedeutsamen Arbeit bilden. Zur Messung der Temperaturen bediente er sich bestimmter Legierungen von Blei, Silber, Gold und Platin. In dem Wrbnaofen ermittelte er die Temperaturen in den verschiedenen Höhen, wie es in dem Profil (Fig. 287) eingezeichnet ist, wozu zu bemerken ist, dafs der Hochofen mit warmem Winde von 200° C. und schwacher Pressung von 0,039 bis 0,048 m Quecksilber auf weifses Roheisen ging. Die Erze waren geröstete Spateisensteine vom Erzberge, die so reich und leichtschmelzig waren, dafs nur 78 Pfd. Holzkohle auf 100 Pfd. Roheisen verbraucht wurde. Die mittlere Temperatur zwischen den Formen fand Tunner bei dem Wrbnaofen nur zu 1450° C., während sie bei dem höheren und weiteren

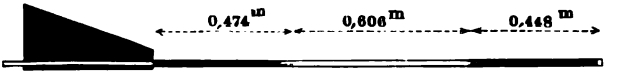
Fig. 287.



Digitized by Google

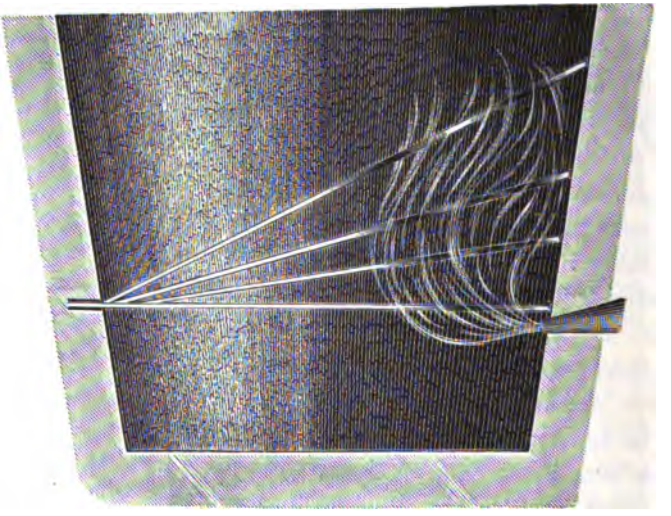
Ofen zu St. Stephan, in dem roher Spateisenstein auf graues Roheisen verschmolzen wurde, 1750° C. betrug. In dem Focus des Wrbnaofens schmolz Platin nicht. Tunner bestimmte den Schmelzpunkt von weifsstrahligem Roheisen zu 1600° C., von grauem Roheisen zu 1700°, von hartem Stahl zu 1850° und von Stabeisen zu etwa 2000° C. Von hohem Interesse waren Tunners Versuche mit einer langen

Fig. 288.



Eisenstange, die er in verschiedenen Lagen durch die Formen einführte, wodurch es ihm gelang, die Lage und Begrenzung des Temperaturmaximums, des Focus, genauer zu bestimmen. Dieser Focus lag 10 bis 15 cm vor der Mündung jeder Form und war nur 15 cm breit, während er nach oben, infolge des Aufwärtsströmens der Gebläseluft, eine gröfsere Ausdehnung zeigte. Fig. 288 zeigt die

Fig. 289.



durch die Form gesteckte Eisenstange, welche in den beiden Brennpunkten weifsglühend wurde, während sie sich in dem mittleren Teile von etwa 60 cm Länge kaum rotglühend zeigte.

Fig. 289 zeigt die Bewegung und Ausbreitung des Focus nach oben, wie sie durch die in verschiedenen Winkeln eingeführte Stange ermittelt wurde. Tunner stellte beim Ableiten der Gase, welches er durch ein eingesenktes schmiedeeisernes Rohr bewerkstelligte, die Spannung der Gase in den verschiedenen Höhen fest; hierbei fand

Digitized by Google

er, dafs sich die Ungleichheiten in der Spannung des Gebläsewindes in jeder Höhe des Ofens sogleich bemerkbar machten, woraus folgt, wie wichtig die Gleichförmigkeit der Windpressung und das Reinhalten der Formen ist; die Versetzungen der Formen erzeugten sogleich grofse Unterschiede in der Spannung der Gase an der Gicht. Tunner findet hierin einen Hauptgrund für die schlechten Resultate bei der Verwendung der Gase zum Puddelbetrieb, sowie für den schwankenden Gichtenwechsel bei sonst gleicher Pressung in der Windleitung.

Tunner bestimmte ferner die Lage der Vorbereitungs- und Reduktionszone im Hochofen genauer und fand, dafs letztere tiefer liegt, als seither angenommen wurde und unter die Höhe des Kohlensackes hinausgeht. Er bediente sich dazu einer durchlöcherten Kapsel, in welche neben den Metalllegierungen zur Temperaturbestimmung Erzstücke eingelegt wurden, und welche in verschiedene Tiefen in den Hochofen niedergelassen wurde. Reduktionserscheinungen begannen erst bei 650° C., nicht schon bei 400°, wie man vordem angenommen hatte, und die Reduktion bis zum metallischen Zustande trat erst 2 Stunden nach dem Aufgeben in einer Tiefe von 6,95 bis 7,9 m nahe dem Kohlensacke bei 850 bis 900° C. ein. Bei dem gröfseren Ofen von St. Stephan trat letzterer Zustand erst in 9,8 m Tiefe 6 Stunden nach dem Aufgeben bei 840° C. ein. Demnach beginnt die Reduktion erst in der Höhe des Kohlensackes und reicht bis in den Schmelz- und Verbrennungsraum herab. Einzelne Erzstücke kamen bei der Erzeugung von weifsem Roheisen sogar unreduziert in den Eisenkasten. Tunner ermittelte mit der Eisenstange, dafs die Kohlung des Eisens in der Höhe von 1,58 m über der Form deutlich zu erkennen ist.

Aus den von Stockher im folgenden Jahre fortgesetzten Versuchen schliefst Tunner, dafs die Reduktion bei leichtschmelziger Beschickung bei 900 bis höchstens 1000° C. beendet ist, und dann erst die Kohlung eintritt. Die Cementation des Stahls wird bei Kupferschmelzhitze (1170°) bis zu 1400° C. durchgeführt.

Eine Reinigung des Eisens im Hochofen bezweckte das Einblasen von Wasserdampf mit dem Winde, worauf L. Armitage und L. Lea im April 1856 ein Patent in England erhielten.

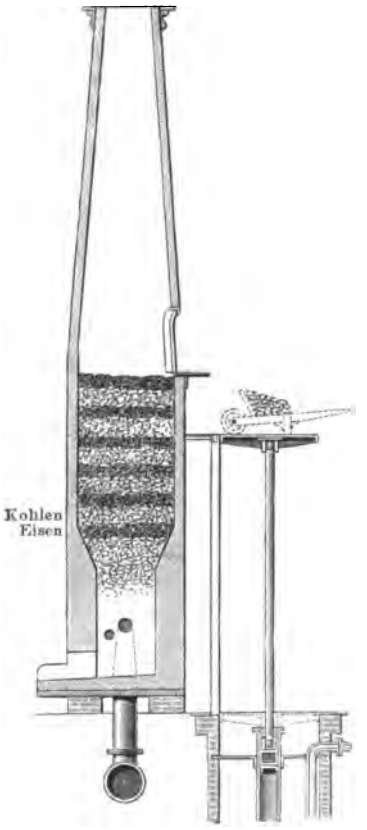
Eisengiefserei 1851 bis 1860.

Von grofser Bedeutung waren die Fortschritte der Eisengiefserei in den 50er Jahren. Die Schmelzöfen erfuhren eine

Digitized by Google

wichtige Verbesserung durch die Einführung des Kupolofens von William Ireland. Sein Patent ist vom 25. Juli 1853 (Nr. 1745); in der Beschreibung giebt er an, dafs sein Schmelzofen höher sei, als seither gebräuchlich, dafs der Ofen über dem Schmelzraume eine Rast habe und unter demselben sich gleichfalls erweitere, um mehr Eisen fassen zu können. Er spricht nur von einer Form; es soll mit heifsem Winde geblasen werden; der Ofen soll 2 Fufs über die Form mit Koks gefüllt, und hierauf die Eisenstücke kreuzweise derartig gelegt werden, dafs ihre Enden der Form zugekehrt sind; die Zwischenräume sollen mit Brucheisen und Koks ausgefüllt werden. So beschickt würde der Ofen ohne Flamme schmelzen. Die zuerst erwähnten Vorzüge waren die wesentlichen, die danach erwähnten liefs man später zum Teil fallen. Zu allgemeiner Kenntnis gelangte der Irelandofen durch einen Vortrag von John Fernie im Ingenieurverein zu Birmingham, welcher im Septemberheft des Civil Engineer and Architects Journal von 1856 veröffentlicht wurde [1]). Es ist darin die Einrichtung eines Irelandkupolofens in Verbindung mit einem pneumatischen Aufzuge von Fernie und Lloyds Ventilator, wie solche in der Britanniagiefserei zu Derby mit sehr gutem Erfolge angewendet wurden, beschrieben. Der Ofen, Fig. 290, war von der Bodenplatte bis zur Gicht $12^1/_2$ Fufs hoch, während diese Höhe bis dahin meist nur 6 bis 8 Fufs betragen hatte, mit der Esse war er 27 Fufs hoch. Der Schmelzraum war zusammengezogen und bildete den kleinsten Querschnitt des Ofens, während dies bei den seither gebräuchlichen ausgebauchten Öfen umgekehrt war. Durch diese Einrichtungen und dadurch, dafs man den Ofen bis zur Gicht gefüllt

Fig. 290.



[1]) Hieraus in Dinglers Journ., Bd. 142, S. 253 und Berg- u. hüttenm. Ztg. 1857, S. 55.

Digitized by Google

hielt, wurden Eisen und Koks besser vorgewärmt, und die Schmelzung vor der Form ging rascher und wirksamer von statten. Die Folge war ein viel rascheres Einschmelzen und beträchtliche Kohlenersparnis. Die pneumatische Aufgebebühne ist aus der Zeichnung verständlich. Man schmolz drei Tonnen in der Stunde. Die Form lag 2 Fufs über der Sohle und war 9 Zoll weit, so dafs sie eine Düse von $7^1/_2$ Zoll lichter Weite aufnehmen konnte. Die höhere Lage der Form gestattete eine gröfsere Menge flüssiges Eisen im Ofen zu halten. Die übrigen Mafse waren: Höhe des Gestelles $4^1/_4$ Fufs, Höhe der Rast $1^3/_4$ Fufs, Höhe des Schachtes $6^1/_4$ Fufs, Weite des Herdes am Boden $2^1/_2$ Fufs, vor der Form $2^1/_4$ Fufs, im Schacht $3^3/_4$ Fufs. Man setzte, wenn der Ofen kalt war, 7 Ctr. Füllkoks, dann 1 Tonne Roheisen, hierauf 2 Ctr. Koks, dann wieder 1 Tonne Roheisen und $1^1/_2$ Ctr. Koks, welchen Satz man beibehielt; aufserdem gab man $^1/_2$ Ctr. Derbyshire Flufsspat als Zuschlag. Der mittlere Koksverbrauch auf die Tonne Roheisen betrug $2^1/_3$ Ctr. = 11,7 Proz., weniger als der halbe frühere Kohlenverbrauch.

Maschinendirektor Krüger konstruierte einen ähnlichen für 100 Ctr. Inhalt berechneten Kupolofen auf der Giefserei der preufsischen Ostbahn in der Nähe der Dirschauer Brücke, der auf Blatt Nr. 21 der Zeichnungen des Vereins Hütte von 1855 veröffentlicht wurde. Ebenso baute Kapitän Maillard, Direktor der kaiserlichen Giefserei zu St. Gervais, hochofenartige Kupolöfen zu Nevers und St. Gervais, die sehr gute Resultate gaben [1]). Diese Öfen hatten drei Formreihen übereinander. Man blies zuerst mit den unteren Formen, die oberen blieben währenddem geschlossen. Wie sich aber das Eisen mehr und mehr im Ofen sammelte, blies man mit der zweiten und dann mit der dritten Formreihe, indem man die darunter befindlichen Formen zustopfte.

Maillard machte seinen Ofen, der ebenfalls einen starken Blechmantel hatte, auch fahrbar, indem er ihn auf einem eisernen Wagen montierte. Jonathan Ireland nahm am 28. August 1858 ein Patent (Nr. 1950) für Anbringung einer zweiten Düsenreihe über den gewöhnlichen Formen, um das Eisen schon höher im Ofen zu schmelzen, wodurch Kohlen erspart und das Eisen gereinigt wurde. Man liefs also hierbei die oberen Düsen mit den unteren zusammen blasen. In Schlesien und in der königlichen Giefserei zu Berlin hatte man bereits die Einrichtung, dafs man den Wind nicht direkt in den Ofen führte,

[1]) Siehe Bull. de la soc. de l'industr. miner., t. IV, livr. 1 de 1858; Berg- u. hüttenm. Ztg. 1859, S. 167.

Digitized by Google

sondern ihn in einen ringförmigen Kasten, der die Ofenwand umgab, leitete und aus diesem durch Formen in den Ofen treten liefs. Auf der Hütte zu Lehrbach im Harz hatte man einen Vorherd zum Schöpfen, an welchen die Harzer Eisengiefser gewöhnt waren, auch am Kupolofen angebracht. — William Clay liefs sich im April 1857 einen Zugkupolofen patentieren, bei dem der Zug durch einen mit dem oberen Teile des Ofens verbundenen Exhaustor bewirkt wurde.

Charles C. Alger gab 1857 auch seinen Kupolöfen einen elliptischen Querschnitt (Patent Nr. 2614 und 2347).

Gegen Ende der 50er Jahre gab man die Winderhitzung bei den Kupolöfen, der man früher so viel Wert beigelegt hatte, allgemein auf, besonders bei dem Betriebe mit Koks und zwar 1. wegen der starken Abnutzung der Kernschächte, indem die feuerfesten Steine zu rasch wegschmolzen, und 2. wegen des zu raschen Gichtenwechsels bei gröfseren Öfen und stärkeren Gebläsen, wodurch das Eisen ungenügend vorbereitet vor die Formen kam, ungleich schmolz und sich nicht mischte; 3. weil sich die Beschaffenheit des Roheisens durch die hohe Temperatur änderte, indem dabei Frischen eintrat.

Sehr bewährten sich dagegen die Ventilatorgebläse[1]), die in England und Frankreich allgemein in Anwendung kamen und auch in Deutschland mehr und mehr Eingang fanden. Die grofse Menge wenig gepreſsten Windes, welche dieselben den Öfen zuführten, wirkte viel besser als die geringe Menge heifser hochgespannter Luft, welche die Cylindergebläse durch enge Düsen in die Kupolöfen gepreſst hatten. Um die Konstruktion der Ventilatoren erwarben sich Nasmyth durch sein geradschaufliges und Lloyd durch sein krummschaufliges Windradgebläse, Fig. 291, in England, sowie Redtenbacher und Rittinger in Deutschland besondere Verdienste.

In England benutzte man allgemein bereits die Erfahrung, dafs man durch Gattieren verschiedener Eisensorten bessere Güsse und festeres Eisen erzielte, als bei Verwendung von nur einer Sorte.

Auch die Beobachtung, dafs Giefsereieisen durch bis zu einer gewissen Grenze wiederholtes Umschmelzen fester werde, war für den Giefsereibetrieb von Wichtigkeit.

Price und Nicholson, die wie Jannoyer in dem Silicium den gröfsten Feind des Gufseisens sahen, nahmen am 5. Mai 1856 ein Patent, dasselbe durch Zusatz von siliciumfreiem Fein- oder Rein-

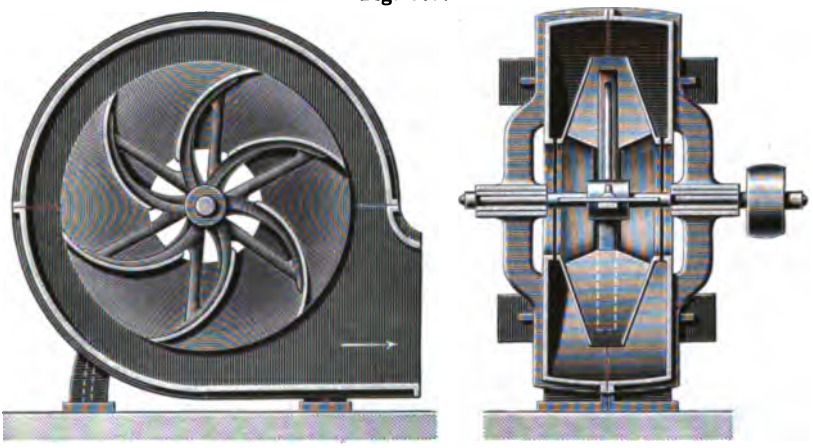
[1]) Wichtige Arbeit über dieselben von G. Rittinger, Centrifugalventilatoren und Centrifugalpumpen. Wien 1858; und Guettier, de la fonderie, p. 174 etc.

Digitized by Google

eisen (fine metal) zu verbessern. Dies hatte man schon lange und besser in Oberschlesien im Flammofen erreicht und diese bereits früher erwähnte Darstellung von „Reineisen“ im Gasflammofen wurde zu Gleiwitz während der 50er Jahre fortgesetzt.

In England machte Stirling mit seinem verbesserten Gufseisen, Patent-Toughened-Pig, grofse Reklame. Es wurde in Schottland und Wales fabriziert und als ein besonderes Produkt (Stirlingsmetall)

Fig. 291.



auf den Metallmarkt gebracht. In der Pariser Weltausstellung von 1855 war es von den schottischen Eisenwerken Dundyvan, Muikirk und Kinneil und zwar in verschiedenen Stadien seiner Darstellung ausgestellt. Letztere bestand darin, dafs man Schmiedeeisenstücke, Nägel, Blechschnitzel u. s. w. in den Lauf des Hochofens legte und das abgestochene Eisen darüber fliefsen liefs. Das so erhaltene Gemenge von Gufseisen und Schmiedeeisen wurde dann in dem Kupolofen umgeschmolzen und lieferte Stirlings „verstärktes Eisen“. Trotz der Reklame und trotzdem Festigkeitsversuche, welche Hodgkinson 1853 mit demselben angestellt hatte, sehr günstig ausgefallen waren, fand es doch nur wenig Verbreitung in England und noch weniger auf dem Kontinent. Die übertriebene Reklame hat seiner Anwendung mehr geschadet als genützt. Es erwies sich bald, dafs dieses Eisen, welches jetzt als ordinärer Stahlguſs bekannt ist, für einzelne Verwendungen durchaus zweckmäfsig ist, sich doch durchaus nicht für alle Zwecke, wie der Erfinder behauptete, eignete. Auch hatte es den Fehler grofser Ungleichmäfsigkeit.

Durch Zusätze anderer Metalle suchte man ebenfalls die Güte des Gufseisens zu verbessern. Stirling pries hierfür das Zink an.

Digitized by Google

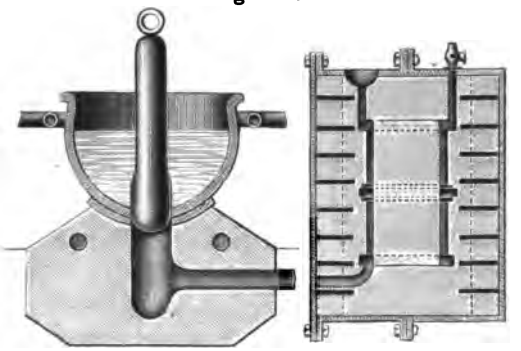
In England wurde eine Legierung von Eisen mit etwa $^1/_5$ Zinn dargestellt, welche eine sehr schöne Politur annahm und für Glockenguſs empfohlen wurde.

Erwähnenswert ist auch die damals gemachte Beobachtung, daſs Guſseisen sich durch wiederholtes Glühen beträchtlich, bis zu $^1/_{24}$ seiner Länge, ausdehnt.

Mancherlei Neuerungen wurden bei dem Gieſsereibetriebe eingeführt. Die oben schon erwähnten Bogardusmühlen kamen zum Mahlen der Steinkohlen, welche man dem Formsand beimischte, zur Anwendung. — In den groſsen Eisengieſsereien in England, wie bei Henderson, Fox & Komp., 1851, bediente man sich bereits groſser Laufkrahnen, welche sich auf Eisenbahnschienen über die ganze Gieſshalle hinbewegten.

J. Bernard gab 1854 ein verbessertes Gieſsverfahren an [1]). Seine Gieſspfanne, Fig. 292, wurde nicht gekippt, sondern hatte unten eine Ausguſsöffnung, welche durch eine Hebelstange geöffnet und geschlossen wurde. Aus der Pfanne gelangte das flüssige Eisen nicht unmittelbar in die Form, sondern erst in einen Vortrichter, aus dem es über dem tiefsten Punkte horizontal abgeleitet wurde. Dieser Vortrichter oder Reiniger wurde dann mit der betreffenden Form so verbunden, daſs eine kommunizierende Röhre hergestellt wurde, und das Gieſsen mit dem aufsteigenden Strome geschah. Bernard empfahl auch die Formen vor dem Eingieſsen luftleer zu pumpen.

Fig. 292.



Für die Formerei waren die Ermittelungen Karmarschs [2]) über das Gewichtsverhältnis der verschiedenen für die Modelle verwendeten Holzarten im Verhältnis zum Eisen von praktischem Interesse. Er fand, daſs z. B. Tannenholz das 14fache, Eichenholz das 9fache, Buchenholz das 9,7fache, Birkenholz das 13,4fache, Erlenholz das 12,8fache des Eisens wiegt. Aus dem Gewichte des Modells sollte sich danach das Gewicht des Guſsstückes bestimmen lassen.

---

[1]) Practical Mechanics Journ., Febr. 1854, S. 529; Berg- und hüttenmänn. Ztg. 1854.

[2]) Mitteil. d. Hannoverschen Gewerbever. 1854, S. 38.

Digitized by Google

Die wichtigste Verbesserung war aber die Einführung von Formmaschinen zur Herstellung von Gufsformen. Die Herstellung von Formen, die sehr häufig gebraucht wurden, wie von Gas- oder Wasserleitungsröhren, Schienenstühlen u. s. w., oder von Formen, bei denen die Herstellung des Modelles grofse Kosten verursachte, suchte man dadurch zu verbilligen, dafs man die Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzte.

Harrison hatte schon 1845 ein Verfahren mitgeteilt, Röhren ohne Modell zu formen. Es bestand darin, die Form der Röhren mit Schablonen aus dem Formsande auszudrehen. Hierdurch wurden die Röhren im geteilten Kasten annähernd vorgeformt. Dieses Verfahren verbesserte Stewart in Glasgow dadurch, dafs er die Röhrenform aus der voll in dem geschlossenen Formkasten eingestampften Sandmasse mittels einer Bohrvorrichtung ausschnitt. Das Modell dazu stellte Stewart auf der Londoner Weltausstellung 1851 aus. Ferner gab er schon 1847 die erste wirkliche Maschine zur Röhrenformerei im stehenden Kasten an, in welcher der Formsand durch spiralförmige Flügel um das Modell festgedrückt wurde[1]).

Eine andere Maschine, um Röhren im liegenden Kasten zu formen, veröffentlichte Newton 1850[2]).

Fairbairn und Hetteringtón erfanden 1851 ein Verfahren, Röhren zu formen, dadurch, dafs die beiden Hälften des Röhrenmodelles auf beiden Seiten eines Modellbrettes in genauer Lage befestigt waren und so abgeformt wurden.

Eine kompliziertere, aber auch vollkommenere Röhrenformmaschine erfand Sheriff in Glasgow 1854[3]). Weitere Maschinen für diesen Zweck gaben Elder in Glasgow, 1856, und Waltjen in Bremen, 1857, an.

Auf der Pariser Weltausstellung von 1855[4]), wo auch Stewarts Röhrenformmaschine zu sehen war, hatte Charles de Bergue eine Maschine zum Ausheben der Modelle aus dem Sand ausgestellt. Die Platte mit dem Modell wurde mit einem Rahmen verbunden, der durch ein Zahnstangengetriebe bewegt wurde.

Ferner war auf der Pariser Ausstellung John Jobsons Apparat zum mechanischen Ausheben der Schienenstuhlmodelle ausgestellt. Hierbei war das Eigenartige, dafs das Modell abnehmbare Teile hatte,

[1]) Siehe Polytechn. Journ., Bd. 104, S. 245.
[2]) Polytechn. Journ., Bd. 118, S. 352.
[3]) A. a. O., Bd. 137, S. 12.
[4]) Siehe Tunner, Jahrbuch von Leoben, Bd. VI (1857).

Digitized by Google

welche beim Ausheben in der Form blieben und dann seitlich abgezogen wurden [1]).

Die meisten Formmaschinen bezweckten aber die Herstellung von Zahnrädern, um die kostspieligen Modelle dafür zu sparen. Von diesen befanden sich zwei auf der Pariser Weltausstellung von 1855, die von De Louvrié und von Jackson. Früher waren solche Maschinen bereits erfunden worden von Chapelle [2]), Sonolet und Ferrouilh [3]) (1853). Letztere war ziemlich einfach und fand deshalb auch Verbreitung. Zuerst wurde ein Kreis schabloniert, der etwas gröfser war als der Raddurchmesser; dann wurden die Zahnformen mittels eines Lineals, das sich um einen Zapfen dreht, einzeln dagegengesetzt. Diese Arbeit war einfach, erforderte aber grofse Aufmerksamkeit des Arbeiters.

De Louvriés Räderformmaschine [4]) ist viel komplizierter. Sie besteht aus zwei Hauptteilen, der Teilspindel (troupeau diviseur) und den Kernkasten (boites à noyaux). Die Teilspindel besteht aus einem an der Wand befestigten langen Krahnenarm, der noch über den Mittelpunkt des gröfsten vorkommenden Rades hinausreicht. Dieser trägt an seinem Endpunkte das Lager der eigentlichen Teilspindel, welche unten auf einer feststehenden Spitze, dem jedesmaligen Mittelpunkte der Form, ruht. An dieser Spindel, welche durch ein Schraubenrad gedreht wird, befindet sich ein Lineal, wie bei Ferrouilh. Die richtige Teilung wird aber erleichtert und verbessert durch eine am Krahnenarme befestigte Teilscheibe, welche sich mit der Spindel dreht und an welcher man den Ausschlag der Spindel ablesen und denselben genau danach bestimmen kann. Das Einsetzen der Zahnformen geschieht wie oben, während Arme und Nabe mittels zweier Formkasten besonders geformt werden.

Viel komplizierter und teurer ist die Maschine von Jackson [5]). Hierbei ist der Formkasten auf einer beweglichen Scheibe drehbar, während die Teilmaschine feststeht.

Das Princip des Centrifugalgusses kam zur Anwendung bei Richard Peters' Maschine für den Gufs von Hohlkugeln (Patent

---

[1]) Polytechn. Journ., Bd. 143, S. 92.

[2]) Polytechn. Journ., Bd. 123, S. 411.

[3]) Polytechn. Journ., Bd. 131, S. 430 aus dem Bull. de la soc. d'Encourag. Nov. 1853, S. 683.

[4]) Armengaud, Génie industrielle 1856. Polytechn. Journ. 1856, Bd. 3, S. 23. Dürre, Handbuch des Eisengiefsereibetriebes, Bd. 2, S. 501. Dingler, Polytechn. Journ., Bd. 141, S. 23, Tab. I, Fig. 29 u. 30.

[5]) Siehe Dürre, a. a. O., Bd. 2, S. 503.

Digitized by Google

7. Juni 1855). Dasselbe Princip wendete Shanks 1859 zu dem gleichen Zwecke[1]), sowie auch zur Herstellung von Gufsröhren an.

Erwähnung verdient der auf der Londoner Ausstellung von 1851 zuerst vorgeführte Faltenofen oder Gurney-stove, durch welchen das wichtige Princip der Heizrippen zuerst in die Praxis eingeführt wurde. Diese Öfen bewährten sich sehr und fanden grofse Verbreitung in England.

Im Hartgufs zeichneten sich die Engländer aus und bezogen die Kontinentalstaaten diesen meistens noch aus England. In Deutschland lieferte Königsbronn in Württemberg die besten Hartwalzen und Eisenbahnräder mit abgeschreckten Laufflächen. Tunner hat deshalb eine Beschreibung des dort angewendeten Verfahrens in dem Leobener Jahrbuch von 1854 (S. 284) veröffentlicht. Ende der 50er Jahre trat Gruson in Magdeburg, der sich grofse Verdienste um die Fabrikation und die Verwendung des Hartgusses erworben hat, mit seinen Hartgufsherzstücken für Eisenbahnweichen, die allgemeine Anerkennung fanden, auf.

In Frankreich machte Guettier Mitteilungen über Hartgufs[2]). Bentall in Heybridge und J. Howard in Bedford suchten die Coquillen für den Hartgufs dadurch zu verbessern, dafs sie sie hohl machten oder schmiedeeiserne Röhren eingossen und Luft oder Wasser durchleiteten.

Holy und Kinnburgh zu Renfrew schlugen gebrannte Thonformen zu wiederholter Verwendung vor.

Über die Erzeugung von gutem Hartgufsroheisen im Hochofen zu Malapane hat G. Rieschke 1860 bemerkenswerte Mitteilungen gemacht[3]).

Ein epochemachendes Ereignis war die Erfindung des Stahlformgusses von dem Direktor des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufsstahlfabrikation, Jakob Meyer, im Jahre 1855. Obgleich dieser neue Industriezweig hinsichtlich der Herstellung der Formen und des Giefsens als ein Zweig der Eisengiefserei zu betrachten ist, so ist er doch in so unmittelbarer Verbindung mit der Gufsstahlfabrikation geblieben, dafs das, was darüber zu erwähnen ist, naturgemäfser in dem Abschnitte über Stahl mitgeteilt wird.

---

[1]) Siehe Polyt. Journ. 1859, Bd. 3, S. 462.
[2]) Siehe Polyt. Journ., Bd. 127, S. 47.
[3]) Siehe Berggeist 1860, Nr. 99, 100 u. 101.

Digitized by Google

Schmiedeeisenbereitung 1851 bis 1860.

Die direkte Darstellung des Schmiedeeisens aus den Erzen trat praktisch mehr und mehr in den Hintergrund. Dagegen suchten zahlreiche Erfinder eine erfolgreiche Lösung dieser Frage.

Aufser in den Pyrenäen hatten die Luppenfeuer in den Vereinigten Staaten von Amerika immer noch einige Bedeutung.

James Renton suchte hier 1851 das alte einfache Verfahren zu reformieren, indem er das grob gepulverte Erz mit Kohle gemengt in flachen, aufrechtstehenden Röhren durch die Überhitze der Flammöfen erhitzte und das reduzierte Erz dann im Flammofen direkt zu Luppen verarbeitete. Nach diesem Plane legte er um 1855 zu Newark (New Jersey) zwei Öfen an, die auch mit Erfolg arbeiteten. Ein zweites Werk entstand zu Cincinnati in Ohio. Er mischte das gepochte Erz mit 15 bis 20 Proz. Hazleton-Anthracit, der sich besser bewährte als Holzkohlen. Das Gemenge wurde mit Elevatoren den 3 m hohen Röhren zugeführt. Diese wurden nach mehrstündigem Glühen durch Öffnen einer Klappe entleert. Das reduzierte Erz fiel direkt auf die Sohle des Flammofens, wo es Schweifshitze erhielt[1]). In 24 Stunden wurden in einem Ofen etwa zwei Tonnen Luppen gemacht, also ebensoviel wie in einem gewöhnlichen Puddelofen. Die Erze mufsten sehr reich, leicht reduzierbar und gutartig sein. Diese Bedingung, die sich in der Praxis nur selten dauernd erfüllen liefs, stand der Ausbreitung dieses und aller ähnlicher Verfahren im Wege. Doch versuchte man 1856 den Prozefs in Frankreich einzuführen und wurden 1856 und 1857 Probeschmelzen damit unter Pailettes Leitung zu Villette bei Paris ausgeführt.

Chenots Verfahren, welches wir schon S. 647 kurz erwähnt haben, war nur unter denselben Voraussetzungen möglich. Da es für die Darstellung von Schmiedeeisen viel zu kostspielig war, so wurde es nur noch zur Stahlgewinnung verwendet, weshalb wir später darauf zurückkommen werden. Der von Yates[2]) 1860 vorgeschlagene Prozefs war nur eine Abänderung von Chenots Verfahren, wobei die Reduktion der Erze in Gasöfen statt mit Rostfeuerung vorgenommen werden sollte.

Das Frischverfahren trat selbst in den Ländern mit ausschliefslichem Holzbetriebe mehr und mehr zurück gegen den vorteilhafteren Puddelbetrieb. Nur in Schweden, am Ural und in anderen Ländern,

[1]) Siehe Percy, Iron and steel, p. 334. Wedding, a. a. O., Bd. 1, S. 579.
[2]) Siehe Percy, a. a. O., S. 345.

Digitized by Google

die Qualitätseisen mit Holzkohlen machten, behielt man diesen Prozefs bei und suchte ihn ökonomischer zu machen durch geschlossene Feuer, Vorglühherde, Lufterhitzungsapparate, Wasserformen und Kühlvorrichtungen unter den Herden. Alle diese Verbesserungen hatte man damals in Schweden [1]) und in den österreichischen Alpenländern eingeführt. Tunner fand 1856 in Schweden folgende Frischmethoden im Gebrauch: 1. Die Bergmannsschmiede, 2. die deutsche, 3. die Franche-Comtéschmiede, 4. die Lancashireschmiede mit Schweifsherden, 5. dieselbe mit Schweifsöfen, 6. die Wallonschmiede. Die deutsche Schmiede, zu der auch die Bergmannsschmiede gehörte, war mehr und mehr verdrängt durch die Franche-Comté- und Lancashireschmiede, welche letztere besonders für die besseren Eisensorten in Anwendung stand. Diese Methode hatte man um 1853 auch zu Feistritz in Kärnten eingeführt.

In Frankreich wendete damals Karr besondere Glühöfen zum Vorwärmen des zu verfrischenden Roheisens an [2]).

Zu Rybnik in Schlesien frischte man das Roheisen im Puddelofen, zerbrach die gezängten Luppen und schmolz sie dann im Frischherde mit Holzkohlen nieder, wobei 40 Proz. Holzkohlen erspart und vorzügliches Eisen erzeugt wurde.

Ferner suchte man das Brennmaterial bei dem Frischprozefs dadurch besser auszunutzen, dafs man die entweichende Flamme zum Heizen, namentlich von Schweifs- und Puddelöfen, benutzte (kombiniertes Herd- und Flammofenfrischen). Dies geschah zu Buchscheiden (1845), zu Hirschwang bei Reichenau (1850) [3]), zu Neuhütte bei Beraun in Böhmen.

Bei dem Puddelbetriebe verwendete man alle Arten von Brennmaterial, doch war der Puddelbetrieb mit Steinkohlen der vorteilhafteste. Durch verbesserte Einrichtungen der Puddelöfen arbeitete man auf Brennmaterialersparnis hin. Zu diesen Verbesserungen gehörten die geschlossenen Feuerungen mit Unterwind, der Müllersche Heizpult und ganz besonders der Treppenrost.

In diese Periode fällt auch die wichtige Erfindung von Siemens' Regeneratorfeuerung, welche zuerst bei Schweifsöfen angewendet wurde. Überhaupt wendete man der Wärmeökonomie in jener Zeit grofse

---

[1]) Über Schwedens Eisenindustrie siehe Durocher. Berg- u. hüttenm. Ztg. 1857 und Tunner, Das Eisenhüttenwesen in Schweden.

[2]) Siehe Armengaud, Publ. industr., Bd. 8, S. 379. Dinglers polyt. Journ., Bd. 130, S. 30.

[3]) Siehe Tunners Jahrbuch, Bd. 1 (1851), Tab. VIII, Fig. 13 u. 14.

Digitized by Google

Aufmerksamkeit zu; auch die hüttenmännische Litteratur beschäftigte sich eingehend damit[1]).

Bei dem gewöhnlichen Planrost gab man den Roststäben eine starke Ausbauchung und erzielte mit diesem sogenannten Fischbauchrost durch die Vorwärmung der Zugluft eine vorteilhaftere Verbrennung. Für Puddel- und Schweifsöfen waren diese Roststäbe aber wenig geeignet.

Den Unterwind, den schon Peter Onions 1783 beim Eisenfeinen angewendet und v. Baader 1818 empfohlen hatte, benutzte J. A. Detmold 1843 zuerst bei dem Puddelofen und erwarb dafür ein englisches Patent (18. Oktober 1843, Nr. 9911). Er verkaufte es an die Ebbw-Vale-Eisenhüttengesellschaft in Südwales, welche dasselbe zuerst in England anwendete. Um dieselbe Zeit wurde der Unterwind auch in Deutschland eingeführt. In den 50er Jahren wendete man mehrfach die geschlossenen Feuerungen mit Unterwind bei den Flammöfen an. Lan in Frankreich fand (1857) dieselben bei den Schweifsöfen vorteilhaft hinsichtlich des Eisenabbrandes und des Kohlenverbrauches, nachteilig dagegen hinsichtlich der Qualität des Eisens[2]). Beim Puddelofen bewährte sich diese Einrichtung in Frankreich nicht. In Deutschland wendete man sie dagegen zu Neustadt am Rübenberge (1859) mit bestem Erfolge an[3]).

Bei der Anwendung von Unterwind bewährte sich in Süddeutschland und Österreich Anton Müllers patentierter Heizpult[4]) an Stelle des Stabrostes. Der Heizpult, Fig. 293, welcher als Rost diente, bestand aus einem gufseisernen pultförmigen Kasten, dessen obere Fläche, auf der das Brennmaterial auflag, mit Löchern versehen war. In den Kasten wurde der schwach gepreifste Wind eingeleitet, der durch die Löcher ausströmte und die Verbrennung bewirkte. Man gab der oberen Fläche die Gestalt eines doppelten oder eines ein-

---

[1]) Scherer hatte in seiner Metallurgie dazu angeregt, ebenso Tunner, Plattner, Knapp und Andere. Besondere Schriften erschienen von Fritsche, Die Brennstoffe und ihre Anwendung 1847, von Grashof, Untersuchungen über Feuerungsanlagen in Zeitschr. der deutschen Ingenieure 1857. In umfassender Weise behandelte C. Schinz den Gegenstand in seinem Kompendium zur Wärmemefskunst und deren Anwendung 1858. — Wir nennen ferner C. Hartmann. Die mineralischen Brennstoffe 2. Aufl., 1856. Leo, Die Brennmaterialienlehre 1860. Jullien, Über Verbrennung bei metallurgischen Feuerungen in Bull. de la soc. de l'industr. miner., t. 3, livr. 3, p. 340.

[2]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1857, S. 18.

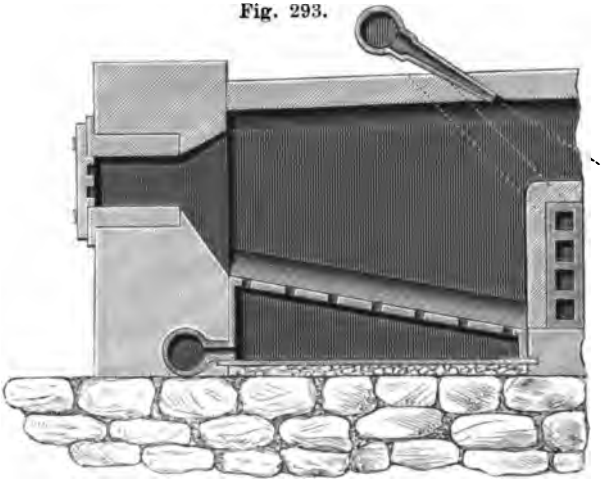
[3]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1859, S. 398 u. 469.

[4]) Siehe Tunners Jahrbuch 1854, S. 247; 1860, S. 346. Berg- und hüttenm. Ztg. 1859, S. 224; 1860, S. 208.

Digitized by Google

fachen Pultes. Schwind giebt an, dafs Franz v. Wagner ähnliche Feuerungen schon Mitte der 20er Jahre bei den bayerischen Salinen angewendet habe. Die Müllersche Einrichtung sollte bei Puddelöfen eine Brennmaterialersparnis von 22 Proz. gegen die Rostfeuerung bewirkt haben. Ihr Hauptvorteil bestand darin, dafs man geringwertiges Brennmaterial, aschenreiches Kohlenklein, darauf verwenden

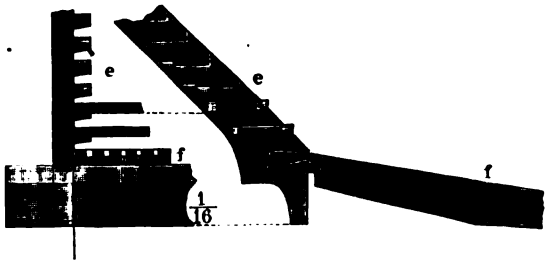
Fig. 293.



konnte. Sie fand Anwendung zu Buchscheiden für Torf, zu Prävali in Kärnten, Krems in Steiermark und Maximilianshütte in Bayern für Braunkohlen.

Eine viel gröfsere Verbreitung fand der Treppenrost (Fig. 294), der die Verbrennung von Brennmaterialabfällen und Kohlenklein mit natürlichem Zug gestattete. Treppenroste waren Ende der 40er Jahre angeblich zuerst in Sachsen aufgekommen. Bei diesen liegen die flachen Roststäbe *e* treppenförmig übereinander; meist waren sie am unteren Ende noch mit einem Planrost *f* verbunden. Diese Treppenroste waren überall leicht anzubringen und ergaben eine wesentliche Brennstoffersparnis. Für backende Steinkohlen eigneten sie sich aber nicht, da diese die Fugen verstopften. Die Treppenroste fanden anfangs der 50er Jahre bei den Puddelöfen Anwendung und verbreiteten sich rasch, besonders in Österreich und Oberschlesien.

Fig. 294.



Digitized by Google

Über die Einrichtung und die guten Erfolge der Treppenroste in dem Franz Mayrschen Puddel- und Walzwerk zu Donawitz bei Leoben berichtet Tunners Jahrbuch von 1852 (Bd. 2, S. 246). Die erste Anwendung hatten die Treppenroste auf dem Eisenwerke zu Prevali, welches so viele Verbesserungen im Puddel- und Schweifsofenbetriebe eingeführt hat, gefunden. Ebenso bewährten sie sich auf dem v. Rothschildschen Eisenwerke zu Wittkowitz in Mähren; auf dem neuerbauten grofsen Hüttenwerke zu Reschitza in Ungarn wurden sämtliche Feuerungen mit Treppenrosten versehen. Ebenso wurden auf der Königshütte und Alvenslebenhütte in Oberschlesien die meisten Puddelöfen mit Treppenrosten für kleine Steinkohlen versehen. Dieselben waren mit einem kurzen Planroste an ihrem Fufsende verbunden, wie es oben dargestellt ist[1]). In Frankreich fanden die Treppenroste 1854/55 Eingang.

Für den Puddel- und Schweifsofenbetrieb mit Holz und Torf bewährte sich am besten die Vergasung und die Gasheizung. Hierin war Kärnten anfangs der 50er Jahre ein mustergültiges Vorbild. Seine Einrichtungen fanden auf der Londoner Weltausstellung von 1851 die höchste Anerkennung in England und Le Play empfahl den kärntnischen Gasbetrieb als bestes Mittel für den Kampf des Holzbetriebes gegen den Steinkohlenbetrieb.

Zur Gasfeuerung der Puddel- und Schweifsöfen konnte man die verschiedensten Brennmaterialien verwenden, doch beschränkte sich die Vergasung damals noch auf Holz, Torf und Braunkohlen.

Die mit Holz und Holzkohle betriebenen Gasflammöfen waren am meisten verbreitet. In Schweden hatte man schon 1850 Gasschweifsöfen, die mit Holz- und Holzkohlengas und erhitztem Wind gefeuert wurden[2]). Das Motala-Eisenwerk in Ostgotland hatte 1851 zu London sehr schön gewalztes Eisen ausgestellt, welches in Gasflammöfen erzeugt war und von einem höheren Standpunkte der Technik als dem der übrigen schwedischen Stabeisenhütten Zeugnis ablegte. In den folgenden Jahren breitete sich der Gasbetrieb immer mehr aus. Auf der Pariser Weltausstellung wurde G. Eckmann in Lesjöfors für seine verbesserten Gasschweifsöfen preisgekrönt. Fig. 295 zeigt diese Konstruktion, welche in Schweden grofse Verbreitung fand[3]). Rechts befindet sich der Gasgenerator, auf welchem der Fülltrichter, Fig. 296, sitzt. Der Wind strömt durch zwei Reihen von Düsen e und e' in denselben, nachdem er sich zwischen dem eisernen und dem

[1]) Siehe Wedding, a. a. O., Bd. 3, Fig. 58.
[2]) Siehe Jern Kontorets Annaler für 1850.
[3]) Siehe Tunner, Das Eisenhüttenwesen in Schweden.

Digitized by Google

Steinmantel in *f* auf 90 bis 150° C. erwärmt hat. Die Verbrennung geschieht durch die aus der schlitzförmigen Öffnung *l* von oben eintretende erwärmte Luft vor der Feuerbrücke. Das Holz wurde in kurzgeschnittenen Scheiten aufgegeben. Eckmann verband zu Lesjöfors seine Gasschweifsöfen auch mit Exhaustoren; zugleich bediente er sich eigentümlicher glockenförmiger Winderhitzungsapparate, die im Ofen angebracht waren (s. Tunner).

Als Brennstoff diente meistens Holzkohle, obgleich der Betrieb mit Holz oder Torf ökonomischer war. Letztere mufsten aber erst

Fig. 296.

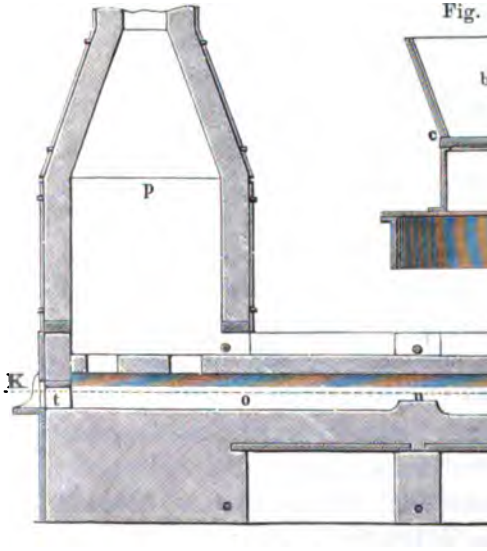
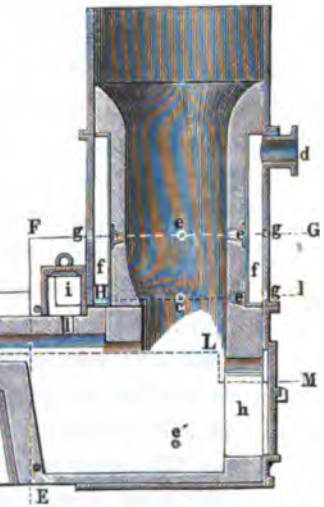


Fig. 295.



in Darrkammern, in denen das Brennmaterial in Wagen 30 Stunden lang blieb, gedarrt werden. Dieser Umstand war der Grund, warum man die bequemere Gaserzeugung aus Holzkohlen vorzog.

Über die Gasfeuerung auf den österreichischen Eisenhütten verdanken wir Dr. Karl Zerenner ausführliche Nachrichten. Kein Teil der Monarchie hatte sich die Vorteile der Gasfeuerung mit solcher Ausdauer und in verhältnismäfsig so kurzer Zeit anzueignen gewufst als wie Kärnten. Besondere Verdienste hatte sich Direktor Schlegel zu Prevali darum erworben. Torf, Braunkohlen und Holz wurden auf den österreichischen Hütten zur Gasfeuerung verwendet.

Das älteste Torfgas-, Puddel- und Walzwerk war zu Buchscheiden. Es war 1842 von Direktor Jos. Schlegel angelegt worden. Der Torf, der aus der Nachbarschaft kam, wurde gedörrt. Zehn Dörrkammern wurden mit heifsem Winde, der durch die Überhitze des Schweifsofens erwärmt wurde, betrieben. Die übrigen hatten direkte

Digitized by Google

Feuerung. Das Roheisen kam von Treibach. Buchscheiden hatte 1855 vier Doppelpuddelöfen und vier Schweifsöfen. Man verwendete auch den Müllerschen Heizpult. Das Werk arbeitete auf Eisenbahnschienen.

Die dem Grafen Ferdinand v. Egger gehörige Nothbergahütte zu Freudenberg in Kärnten wurde 1854 mit Torfgasfeuerung in Betrieb gesetzt. Der Erbauer war der Oberverweser William Baildon in Lippitzbach, ein Sohn jenes Engländers Baildon, der unter Graf Reden sich so grofse Verdienste um die Steinkohleneisenindustrie in Oberschlesien erworben hatte. Weitere Torfgaspuddelwerke in Österreich waren damals zu Kessen in Tirol und zu Ebenau im Salzkammergut. Hier wurde der Torf nur lufttrocken, nicht gedörrt verwendet. Ferner befanden sich in jener Zeit Torfgaspuddelöfen zu Untervilliers in der Schweiz, zu Maximilianshütte bei Traunstein in Oberbayern (von Hailer erbaut[1]). Zu Ilsenburg wendete man ein Gemisch von Torf, Tannäpfeln und Tannenrinde zur Gaserzeugung für den Puddelbetrieb an.

Wichtiger war der Gasbetrieb mit Braunkohlen für Österreich, welcher namentlich zu Prevali in Kärnten in Umgang war. Dieses Werk, welches den Gebrüdern Rosthorn und dem Freiherrn v. Dickmann gehörte, beschäftigte damals 600 Hüttenarbeiter und 800 Bergleute und verarbeitete über 200000 Ctr. Roheisen von Lölling. Man verwendete Doppelpuddelöfen, teils mit Gasfeuerung, teils mit Treppen- oder Planrosten, mit und ohne Verbrennungswind. Bei Anwendung von Oberwind ersparte man Brennmaterial, hatte aber mehr Abbrand und zwar betrug der Kohlenaufwand 152 Proz., der Calo 12,4 Proz. mit Oberwind, dagegen ohne Oberwind 161,5 Proz. Kohlen, und 8,9 Proz. Calo.

Für Holzgasbetrieb war Lippitzbach in Kärnten der klassische Ort, indessen gab man hier schon um die Mitte der 50er Jahre den Gasbetrieb auf und ging zur direkten Feuerung mit Treppenrosten über. Dagegen wurde 1853 zu Brezowa unweit Rhonitz in Ungarn das gröfste und best eingerichtete Werk für Holzgasbetrieb in Österreich erbaut. Es hatte 22 Luftdarrkammern, in welchen sich zwei Reihen eiserner Rollkörbe bewegten, ferner vier Doppelpuddelöfen und sieben Schweifsöfen. — Das älteste Eisenwerk mit Holzgasbetrieb in Ungarn war das Feinwalzwerk Nadrag bei Zsisovár im Temeser Banat, wo schon seit 1848 Gasbetrieb eingeführt war. Auf dem fürstlich Fürstenbergischen Eisenwerk Neuhütte in Böhmen wurde

[1]) Siehe Preufs. Berg- und hüttenm. Zeitschr. Bd. 4, S. 236.

Digitized by Google

ein Doppelpuddelofen mit Holzgas betrieben, ebenso zu Neuberg in Steiermark.

In Thüringen erbaute Thoma, der den Gasbetrieb in Rufsland eingeführt hatte, einen Puddelofen zu Heinrichs im Kreise Schleusingen, welcher mit Holzgas betrieben wurde. Thoma war ein eifriger Vertreter des Gasbetriebes und schrieb 1850: „in Bezug auf die Stabeisen- und Stahlerzeugung mufs die ganze Hoffnung des deutschen Hüttenwesens auf den Gasbetrieb gesetzt werden". In Württemberg waren Gaspuddelöfen zu Unterkochen und zu Thiergarten.

In Frankreich hatte sich nicht nur Le Play entschieden für den Gasbetrieb ausgesprochen, sondern auch Lan und Gruner, die ihn für den besten erklärten. Zu Villette bei Chatillon wurde mit Holzgas gepuddelt[1]).

Der Betrieb von Puddelöfen mit Gichtgasen war damals bereits allgemein wieder verlassen.

C. Schinz in Philadelphia nahm am 4. Dezember 1855 ein Patent auf einen Gasofen mit selbstthätiger Regulierung (self-regulating gasfurnace). Die Zuströmung von Gas und Luft wurde durch die Ausdehnung einer Eisenstange, welche mit einem Zahngetriebe verbunden war, reguliert.

Was den Betrieb der Puddelöfen betrifft, so war der Kochofen mit Schlackenfrischen allgemein in Anwendung gekommen. Tessié du Motay und Fontaine[2]) bereiteten künstlichen Schwahl, indem sie Puddelschweifsschlacke mit Thonerdesilikat im Flammofen einschmolzen und dem Gemische Kali oder Natron und Eisenoxydul zusetzten. In diesem Schwahl wurde dann das Roheisen gepuddelt. Während des Prozesses warf man noch basische Chlor- und kohlensaure Salze zu. Das so gepuddelte Eisen sollte dem Frischeisen an Güte gleichkommen.

James Nasmyth nahm am 4. Mai 1854 ein beachtenswertes Patent (Nr. 1001) auf eine Verbesserung des Puddelprozesses. Dasselbe bestand im Puddeln mit einem Dampfstrahl, der durch eine hohle Rührkrücke in das flüssige Eisen geführt wurde.

Das Umrühren des Eisens beim Puddeln ist eine der mühseligsten Arbeiten des Eisenhüttenmannes. Schon die Humanität mufste dafür nach einem mechanischen Ersatz suchen. Der erste, der einen solchen mechanischen Rührer erfand, war der durch seine hervorragenden

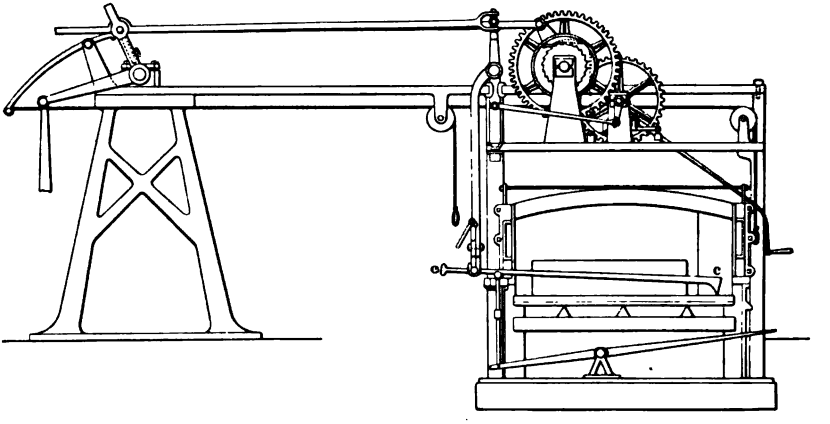
---

[1]) Siehe Bull. de la soc., t. 1, p. 473. Polyt. Journ., Bd. 143, S. 414.
[2]) Engl. Patent vom 1. März 1856, Nr. 535.

Digitized by Google

Arbeiten über die Chemie des Eisens, sowie seine Untersuchungen über den Stahl berühmte Karl Emil Schafhäutl[1]). Derselbe erhielt dafür in England am 13. Dezember 1836 ein Patent (Nr. 7117). Fig. 297 stellt den Apparat für Fufsbetrieb dar. Derselbe tauchte aber nur beim Hingange in das Eisenbad ein. *cc* ist die Rührkrücke. Jeder Ofen bedurfte einer besonderen Maschine, weshalb Schafhäutl zur Verringerung der Kosten seinen Öfen die vierfache Gröfse gab. Die Vorrichtung wurde auf dem Tividale-Eisenwerk bei Durley ein-

Fig. 297.



geführt. Da aber der Abbrand in den grofsen Öfen zu bedeutend und das Luppenmachen zu schwierig war, so gab man die Sache bald wieder auf.

Nasmyth wurde bei seinem Verbesserungsvorschlage auch von der Absicht geleitet, die Arbeit des Puddelns zu erleichtern. Nicht ein mechanisches Triebwerk, sondern ein kräftiger Dampfstrahl sollte das Eisen aufrühren und zugleich den chemischen Prozefs beim Puddeln befördern. Nasmyth erreichte dies, indem er eine hohle, durch ein Universalgelenk mit einer Dampfleitung verbundene Krücke herstellte, welche der Arbeiter, ähnlich wie seither, aber langsam und ohne Anstrengung in dem Eisenbade hin- und herführte. Der kräftige Dampfstrahl sollte die eigentliche Arbeit des Rührens ausführen. Der Dampf, der möglichst am tiefsten Punkte des geschmolzenen Metalles eingeführt wurde, wirkte aber nicht nur mechanisch, sondern indem er sich in Berührung mit dem glühenden Eisen zersetzte, wurde Sauerstoff

[1]) Geboren 16. Februar 1803 zu Ingolstadt; nach mehrjährigem Aufenthalte in England Professor der Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde und Oberbibliothekar in München.

Digitized by Google

frei, der entkohlend und reinigend auf das Roheisen einwirkte. Ebenso sollte der Wasserstoff sich mit dem Schwefel des Eisens und der Verbrennungsgase verbinden. Nur das eigentliche Rühren geschah durch Dampf, das Luppenmachen wurde wie sonst ausgeführt. Im ganzen wurde aber die Arbeit dadurch erleichtert, der Prozefs abgekürzt und die Reinheit, Zähigkeit und Festigkeit des Eisens verbessert.

In der That wurde auch das Verfahren auf mehreren englischen Eisenwerken eingeführt. Es hatte aber den Nachteil, dafs die Aktion durch die Zersetzung des Dampfes zu energisch eintrat, wodurch ein zu grofser Eisenverlust entstand und, wenn der Arbeiter unvorsichtig war, zuweilen die ganze Charge verbrannte. Deshalb hatte Nasmyths Verfahren keinen dauernden Erfolg. Da es aber die allgemeine Aufmerksamkeit der Eisentechniker schon des berühmten Erfinders wegen erregte, so wird es auch John Bessemer nicht entgangen sein, dessen grofsartige Erfindung eine entfernte Verwandtschaft mit diesem Verfahren hat.

Dieselbe Idee wurde verfolgt und verbessert von G. Parry auf dem Ebbw-Vale-Eisenwerke in Monmouthshire, welcher ein Puddelverfahren mit überhitztem Dampfe erfand und darauf am 26. Februar 1856 ein Patent (Nr. 495) erhielt. Er überhitzte den Dampf vorher und leitete ihn nicht in das Eisen, sondern auf die Oberfläche des Eisens, jedoch so unmittelbar, dafs die Dampfstrahlen Eindrücke auf das flüssige Metallbad machen und dasselbe in Bewegung setzen sollten. Es geschah dies durch Düsen neben der Feuerthür, welche 35 Grad Neigung hatten und deren Mündungen 2 bis 4 Zoll von der Oberfläche des Eisenbades abstanden. Bei dem Verpuddeln von weifsem, halbiertem und hellgrauem Roheisen (Nr. 3) waren zwei Düsen von $^3/_4$ Zoll Öffnung hinreichend. Der Dampf wurde in einem Spiralrohre durch die entweichende Flamme erhitzt. Die Arbeit geschah wie sonst, nur verlief sie viel rascher. Der überhitzte Dampf kühlte das flüssige Eisen lange nicht so rasch ab wie der gewöhnliche.

Parry wendete sein Verfahren auch zum Feinen des Eisens an, wobei er grofse Flammöfen mit neun geneigten Formen anwendete. Statt dessen konnte man auch die Formen am Boden anbringen und den überhitzten Dampf durch das 4 Fufs lange, $2^1/_2$ Fufs breite und $1^1/_2$ Fufs hohe Eisenbad durchpressen. Ein Zusatz von Pfeifenerde und Eisenspat beförderte die Reinigung. Liefs man das gefeinte Eisen in Wasser laufen und schmolz die so erhaltenen Granalien im Schmelztiegel um, so erhielt man Gufsstahl. — Parrys Methode konnte sich damals aber noch weniger Eingang verschaffen wie die von Nasmyth.

Digitized by Google

Sanderson reinigte das geschmolzene Roheisen durch Eisenvitriol, wobei der Sauerstoff des Sulfats auf den Kohlenstoff wirken und eine Entkohlung herbeiführen sollte (Patent vom 24. November 1855).

Lebhafte Erörterungen erregte in dieser Periode die Frage, ob für den Puddelprozefs die Doppelöfen oder die einfachen Öfen zweckmäfsiger seien[1]). In den Doppelöfen fiel das Produkt sehr oft ungleich aus und dieser Nachteil hob den Vorteil der geringen Kohlenersparnis wieder auf. Für Qualitätseisen, z. B. Feinkorneisen, bewährten sich nur die einfachen Öfen. Jullien empfahl Puddelöfen mit einer Arbeitsthür für das beste Eisen, mit zwei Thüren für mittlere Qualität, mit drei Thüren für die geringste Sorte. Letztere existierten aber nur versuchsweise. Dagegen wendete man 1859 zu Montataire in Frankreich Puddelöfen mit vier Thüren (four quadruple), auf jeder Seite zwei, an, so dafs sich die vier Puddler nicht im Wege standen.

Das Puddeln auf Feinkorneisen, welches auf vielen Hütten betrieben wurde, näherte sich dem Stahlpuddeln. Die Feuerbrücke und das Gewölbe wurden erhöht. Man verarbeitete schwer frischendes, weifses, strahliges oder spiegliches Eisen, schmolz dasselbe heifser ein wie sonst und rührte meist mit sechs Krücken. Dabei setzte man mehr und rohere Schlacken zu. Gegen Ende liefs man die Temperatur tiefer sinken als beim Frischen von weichem Eisen. Während das Rühren länger dauerte, ging das Umsetzen und Luppenmachen rascher von statten, wobei man die Essenklappe (Temper) halb schlofs.

Von grofser Bedeutung für das Verständnis des Puddelprozesses waren die chemischen Untersuchungen desselben in seinen verschiedenen Stadien von Prof. Grace Calvert und Dr. Richard Johnson[2]) 1856.

Das Ergebnis derselben ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung (nach Percy):

	Zeit der Probenahme	Kohlenstoff	Silicium
Im Roheisen	12 Uhr — Min.	2,275	2,720
Probe Nr. 1	12 „ 40 „	2,726	0,915
„ „ 2	1 „ — „	2,905	0,197
„ „ 3	1 „ 5 „	2,444	0,194
„ „ 4	1 „ 20 „	2,305	0,182

[1]) Siehe Biedermann in Tunners Jahrbuch, Bd. 4, S. 242. Euler, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen., Januar 1857.

[2]) Siehe Philosophical Magazine, September 1857. Dinglers polyt. Journ., Bd. 146, S. 121.

Digitized by Google

	Zeit der Probenahme	Kohlenstoff	Silicium
Probe Nr. 5	1 Uhr 35 Min.	1,647	0,183
„ „ 6	1 „ 40 „	1,206	0,163
„ „ 7	1 „ 45 „	0,963	0,163
„ „ 8	1 „ 50 „	0,772	0,168
Rohschienen Nr. 9		0,296	0,120

Das eingesetzte Roheisen war kalt erblasenes Grau Nr. 3 von Staffordshire von folgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	2,275
Silicium	2,720
Phosphor	0,645
Schwefel	0,301
Mangan (und Aluminium?) .	Spuren
Eisen	94,059
	100,000

Hieraus ergiebt sich, dafs sich das Silicium zuerst und schon bald nach dem Einschmelzen oxydiert, während der Kohlenstoff in dieser Zeit keine Verminderung, durch die Verschlackung von Silicium und Eisen sogar eine relative Vermehrung erfährt[1]). Dabei geht der Kohlenstoff in den gebundenen Zustand über. Probe 1 war weifses, sprödes Feinmetall, 2 ebenso, doch schon etwas geschmeidiger; nach 65 Minuten begann die Masse zu steigen, die Probe 3 war ein schwammig schwärzliches Gemenge von Schlacke und Eisen; die Eisenkügelchen waren spröde. Nach 80 Minuten, Probe 4, hatte man das Register teilweise gezogen und mit Rühren begonnen. Die Probe stiefs blaue Flammen von Kohlenoxyd aus, war sehr locker, die Eisenkörnchen weifs und spröde. Nach 95 Minuten, Probe 5, hatte man das Register ganz gezogen und arbeitete mit dem Luppenhaken. Die Probe 6 war weniger feinkörnig, die schwärzlichen Körner zeigten ausgehämmert Metallglanz. Nach 105 Minuten, Probe 7, waren die Körner gröfser, frei von Schlacke und schmiedbar. Bei der 8. Probe, nach 110 Minuten, hatte die Kohlenoxydgasbildung ganz aufgehört, das Eisen liefs sich zängen und recken. Erst mit Eintritt der Kochperiode fand eine Oxydation und Abnahme des Kohlenstoffs statt, die während derselben nur langsam vorschritt, nach Beendigung derselben aber rasch verlief.

[1]) Möglicherweise findet sogar nach den Versuchen von K. Stammer (Bergwerksfreund 1851) eine absolute Kohlenstoffvermehrung durch Zersetzung von Kohlenoxydgas des Brennmaterials statt.

Digitized by Google

Ähnliche Versuche mit denselben Ergebnissen stellte 1859 der französische Ingenieur Lan an[1]).

In Deutschland veröffentlichte im selben Jahre Otto Zobel einen Aufsatz über die Zusammensetzung der Puddelschlacke und ihre Bedeutung für den Puddelprozefs. Danach nähert sich die Rohschlacke einem Singulosilikat ($2FeO\,SiO^2$) und enthält in 100 Tln. 30 Tle. Kieselsäure und 70 Tle. Eisenoxydul. Die Garschlacke ist dagegen hauptsächlich Subsilikat, Fe^2S oder $4FeO\,SiO^2$, mit 17,4 Tln. Kieselsäure und 82,6 Tln. Eisenoxydul.

Zum Schlusse erwähnen wir noch einige abgeänderte Puddelverfahren.

Isaak Hazlehursts Methode, welche 1851 patentiert wurde, bestand darin, dafs er das Roheisen heifs einschmolz und wie gewöhnlich puddelte, den Prozefs aber nach beendetem Kochen vor dem Umsetzen unterbrach, das Eisen in Stücken aus dem Ofen nahm und in einem geschlossenen Gefäfse erkalten liefs, diese dann mittels Walzen oder Stampfern zerkleinerte und sortierte. Das ausgelesene Eisen schweifste er dann in einem Schweifsofen bei niedriger Hitze zu einer Luppe zusammen, die unmittelbar zu gutem Schmiedeeisen ausgereckt werden konnte.

Um sehr gutes Eisen, namentlich zur Cementstahlfabrikation, zu machen, soll man sich eines Holzkohlen-Schweifsherdes bedienen.

Ein anderes Verfahren war von Östlund in Schweden auf Veranlassung des Bessemerprozesses erfunden[2]). Sein Ofen war ein topfartiges Gefäfs *a*, welches um einen am Boden befestigten Stiel *d* rotierte, wie aus Fig. 298 zu ersehen. Das Roheisen wurde flüssig eingeführt. Die Erhitzung und das Frischen geschah durch das Gemisch von Luft und Gas, welches von oben eintrat. Das Roheisen, dem Garschlacke zugesetzt wurde, verkochte durch die Rotation des Gefäfses. Man machte nur kleine Einsätze, z. B. in Finspong von 50 bis 70 kg Roheisen. Das Verkochen begann nach 5 Minuten und war in 10 Minuten beendet. Natürlich war der Topf vorher stark vorgewärmt.

Dieser Ofen fand keine Verbreitung, lenkte aber die Aufmerksamkeit auf die rotierenden Puddelöfen, die schon mehrere Jahre zuvor auch in England in Vorschlag gebracht worden waren.

---

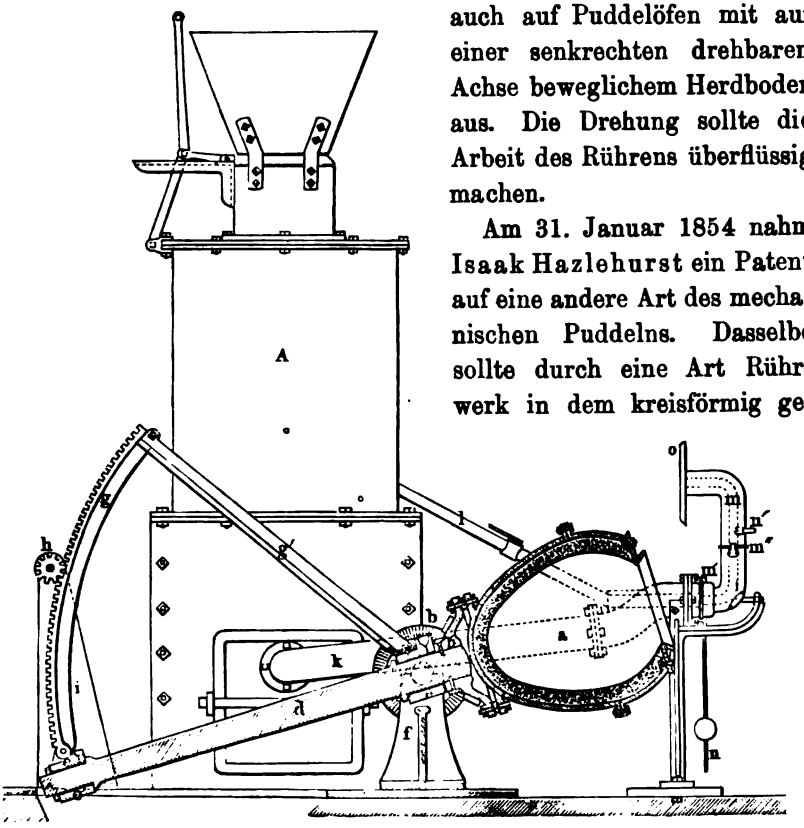
[1]) Études sur les réactions de l'affinage des fontes pour acier ou pour fer par M. Lan, ingenieur des mines, professeur de métallurgie à l'école des mineurs de St. Etienne. Annales des mines, 6. sér., t. 15, p. 85.

[2]) Siehe Bericht von A. Grill in Jern Kontorets Annaler 1859.

Digitized by Google

Am 18. Mai 1853 nahmen B. P. Walker und James Warren ein Patent auf einen rotierenden Puddelofen von cylindrischer oder elliptischer Gestalt, der sich um eine horizontale Achse drehte. Der Ofen bestand aus einem eisernen Cylindermantel, der innen mit feuerfesten Steinen ausgekleidet war. Der eiserne Mantel hatte aufsen einen Zahnkranz, der in ein gezahntes Triebrad eingriff, wodurch der Ofen in Umdrehung versetzt wurde. Der drehbare Herd befand sich zwischen der feststehenden Feuerung und der Esse, so dafs die Flamme durch denselben unbehindert durchstrich. — Die Erfinder dehnten ihren Patentanspruch auch auf Puddelöfen mit auf einer senkrechten drehbaren Achse beweglichem Herdboden aus. Die Drehung sollte die Arbeit des Rührens überflüssig machen.

Fig. 298.



Am 31. Januar 1854 nahm Isaak Hazlehurst ein Patent auf eine andere Art des mechanischen Puddelns. Dasselbe sollte durch eine Art Rührwerk in dem kreisförmig gestalteten Ofen geschehen. An einer vertikalen Welle, welche durch den Scheitel (crown) des Ofens ging, waren zwei horizontale Arme befestigt, die am Boden herstrichen und das flüssige Eisenbad umrührten. War die Kochperiode beendet, so wurden die Rührer ausgewechselt, indem das Umsetzen nur durch einen Arm, der aber unten mit Klauen (prongs) versehen war, bewerkstelligt wurde.

Digitized by Google

Am 4. Januar 1856 nahm Bessemer ein Patent auf ein Verfahren, Roheisen in einem um eine senkrechte Achse rotierenden Ofen unter gleichzeitigem Durchpressen von Wind zu entkohlen, beziehungsweise in Eisen oder Stahl zu verwandeln. Obgleich H. Bessemers verschiedene Patente sich auch auf die Darstellung von weichem Eisen beziehen, so werden wir sie doch erst bei der Stahlfabrikation näher betrachten. Die rotierenden Öfen müssen wir aber hier erwähnen, weil dieselben mit den späteren rotierenden Puddelöfen im Zusammenhange stehen.

Am 10. November 1856 nahm Henry Bessemer ein weiteres Patent, in welchem ein um eine horizontale Achse sich bewegender cylindrischer Ofen, der aber nur eine Schaukelbewegung ausführen sollte, angegeben ist.

G. Dyson schlug in demselben Jahre einen Stahlpuddelofen mit rotierendem Herde vor. Am 3. März nahm W. Taylor ein Patent auf einen auf einer senkrechten Achse drehbaren schüsselförmigen Herdofen, in den das Eisen flüssig eingelassen wurde [1]).

A. V. Newton konstruierte 1857 ein verbessertes rotierendes Rührwerk zum Verpuddeln des Eisens, welches durch Maschinenkraft bewegt wurde (Patent Nr. 1512 vom 27. Mai 1857). Die starke vertikale Welle und der Querarm waren hohl, so dafs Wasser oder Luft durchströmen konnten, wodurch sie gekühlt und vor dem Verbrennen geschützt wurden. Aufserdem waren bewegliche Arme (vibrating rods) mit diesem Gestelle verbunden, welche, durch ein Triebwerk bewegt, die Arbeit des Rührens besorgten. Alle Arbeit geschah mechanisch, bis auf das Herausnehmen der Luppen.

Kaum drei Wochen später nahm ein W. E. Newton ein zweites Patent (Nr. 1671 vom 15. Juni 1857) auf einen ganz ähnlichen Mechanismus, der dadurch verbessert war, dafs gleichzeitig der Boden des Ofens drehbar war und sich beliebig mit dem Rührwerk oder gegen dasselbe bewegen konnte. — Jeremias Browns Patent vom 19. Mai 1858 (Nr. 1111) erstreckte sich auf ein ähnliches Rührwerk.

Josef Maudslay nahm am 25. Juni 1858 ein Patent (Nr. 1436) auf einen rotierenden Tellerofen zum Frischen des Eisens. Der Ofen drehte sich um eine verstellbare, geneigte Achse.

Endlich nahm am 5. Oktober 1858 Anthony Bessemer ein Patent auf einen cylindrischen, rotierenden Puddelofen, der in der Hauptsache mit dem von Walker und Warren angegebenen übereinstimmte.

---

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journ. 1858, Bd. 147, S. 292, Tab. IV, Fig. 4.

Digitized by Google

Der Cylinder, der ebenfalls zwischen Feuerung und Esse so aufgestellt wurde, dafs die Feuergase durchzogen, war an beiden Enden etwas zusammengezogen. Die Bewegung geschah durch einen Zahnkranz am Cylindermantel und ein Schraubenrad. Luft oder Dampf sollte auf die sich fortwährend ändernde Oberfläche des Metallbades geleitet und hierdurch das Roheisen zu Stahl oder weichem Eisen gefrischt werden. Nach der Patentbeschreibung nahm der Erfinder an, dafs dieses flüssig bleibe und ausgegossen werden könne.

Einen ähnlichen rotierenden Cylinderofen meldete W. H. Tooth am 3. August 1859 zum Patent an. Am 2. Februar 1860 erhielt er dafür ein zweites Patent. Demselben ist eine ausführliche Beschreibung mit Zeichnung beigegeben [1]).

Bei diesen Drehöfen und Öfen mit Rührwerken ist meistens vorausgesetzt, dafs das Eisen schon in flüssiger Form dem Ofen zugeführt wird, wie dies auch für die gewöhnlichen Puddelöfen schon früher mehrfach in Vorschlag gebracht worden war.

Mechanische Bearbeitung 1851 bis 1860.

Von den Verbesserungen für die mechanische Bearbeitung des gefrischten Eisens in dieser Periode erwähnen wir zuerst die Luppenmühle von Jeremias Brown, welche am 3. Juli 1847 patentiert und am 19. Mai 1856 verbessert wurde [2]). Es war ein Zängewalzwerk mit drei Walzen, dessen Zusammensetzung und Bewegung aus Fig. 299 [3]) (a. f. S.) zu ersehen ist. Die Zängewalzen sind hier in ihrer Endstellung dargestellt, in der die Luppe *k* bis zu einem runden Kolben zusammengepreſst ist. Diese Maschine fand auf englischen Hüttenwerken Eingang. Gröfsere Verbreitung erlangten noch die Luppenmühlen des Amerikaners John Flack Winslow, für welche A. F. Newton am 14. Oktober 1847 in England ein erstes, Winslow selbst am 31. März 1852 ein zweites Patent nahm. Wie Fig. 300 (a. f. S.) und Fig. 301 (S. 867) zeigt, bestand sie aus einer grofsen excentrischen Oberwalze und zwei parallelen gerippten Unterwalzen [4]). Andere Konstruktionen von Luppenmühlen und Quetschen rühren von Heath und Thomas (1850), W. Clay (1854), John Dorrell (1855), Abbot, Thomas, Young und Hunt (1857) her.

[1]) Siehe Abridgments of specific. etc. p. 472.

[2]) Siehe London Journal of arts, Juli 1851. Dinglers polyt. Journ., Bd. 121, S. 344. Wedding, a. a. O., Bd. 3, S. 757.

[3]) Wedding, a. a. O., Bd. 3, Fig. 263, 263a.

[4]) Zeichnungen aus Wedding, Eisenhüttenkunde, Bd. 3, Fig. 264, 265.

Digitized by Google

Um die Verbesserung der Dampfhämmer machten sich Borsig. Wurm in Wien, Türk, Haswell, R. Daelen und andere verdient. Türk, Direktor der Eisenbahnwerkstätten zu Chartres, baute leichte Stempelhämmer von grofser Geschwindigkeit. Bei diesen war beständig

Fig. 299.

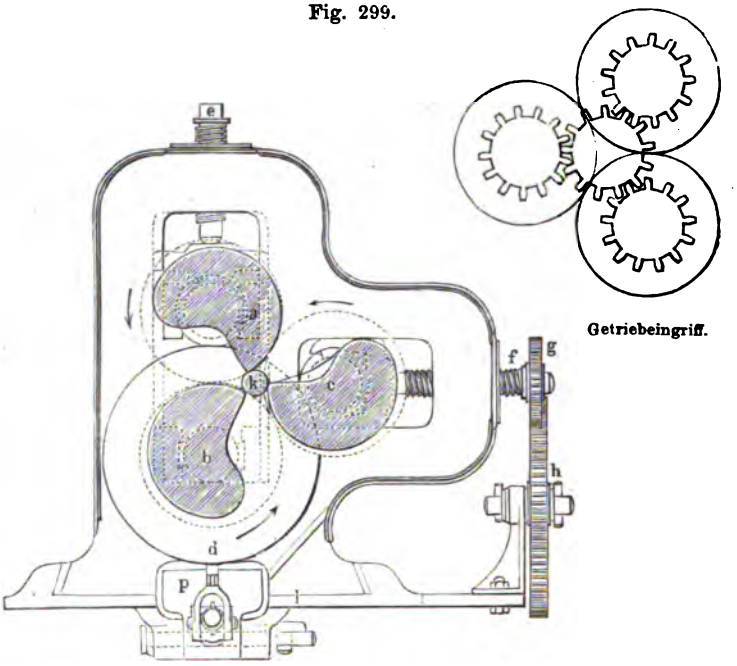
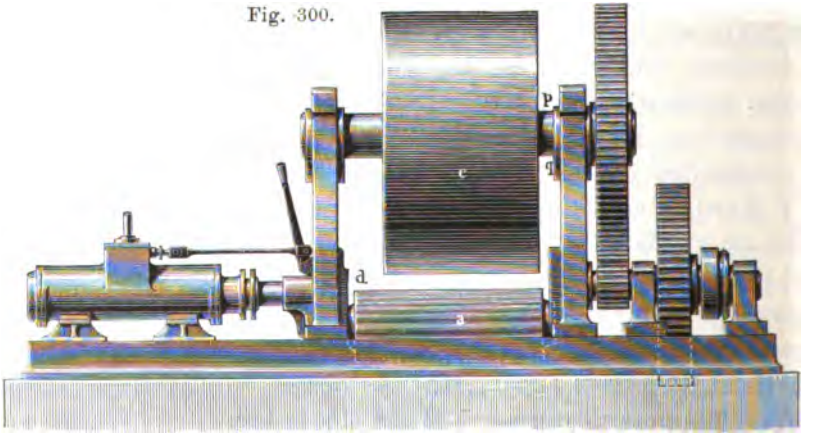


Fig. 300.



gespannter Dampf unter dem Kolben und wurde der Druckdampf abwechselnd über den Kolben geführt.

Der Engländer Haswell, welcher in Wien eine Maschinenfabrik errichtet hatte, baute Hämmer mit beweglichem Dampfcylinder nach

Digitized by Google

Condies Princip. Der von ihm in Neuberg aufgestellte Hammer arbeitete sehr gut [1]).

Daelens Konstruktion (patentiert 1852) bestand darin, dafs der Hebedampf beim Niedergange über den Kolben gepreſst wurde und als Druckdampf wirkte; dies wurde durch einen Verteilungsschieber bewirkt [2]). Ein von Egells in Berlin für Hörde ausgeführter Dampfhammer dieser Konstruktion war 1855 in Paris ausgestellt. — Der Dampfhammer, den Naylor in Norwich 1857 konstruierte, beruhte auf demselben Grundsatze.

Fig. 301.

Verbesserte Stempelhämmer bauten Froming 1853 und Waterhouse 1857.

Putman in England erfand einen vierfachen Schmiedehammer, der gleichzeitig von vier Seiten wirkte. W. Ryder in Bolton hatte 1851 in London eine Schmiedemaschine ausgestellt, bei der eine Anzahl nebeneinander stehender und für das Ausschmieden eines Gegenstandes entsprechend geformter Obergesenke (gewöhnlich fünf) durch excentrische Scheiben an einer Welle gegen entsprechende Untergesenke niedergedrückt wurden. Die Welle machte 200 Umdrehungen in der Minute. Die Maschine diente zur Herstellung kleinerer Gegenstände.

Guillemin und Minary zu Casamène bei Besançon konstruierten 1855 einen hydraulischen Hammer mit Federung durch komprimierte Luft.

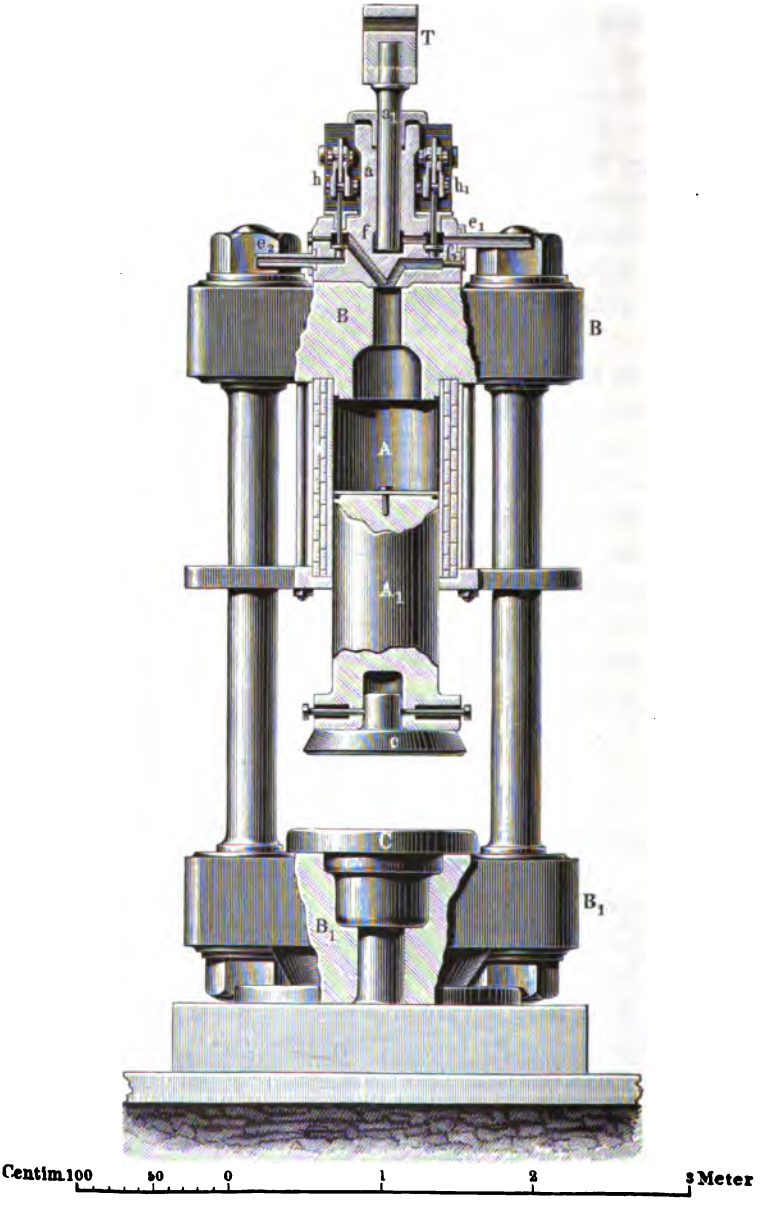
Eine sehr wichtige Erfindung für die Formgebung des Eisens war Haswells hydraulische Eisenpresse oder der Prefshammer, welcher Fig. 302 [3]) (a. f. S.) abgebildet ist. Josef Bramah gebührt bekanntlich das unsterbliche Verdienst der Erfindung der hydraulischen Presse und zwar bereits im Jahre 1795. Seit jener Zeit hatte man wohl hier und da den Versuch gemacht, den Wasserdruck zur Eisenbearbeitung zu verwenden. Zum Auspressen kleiner flacher Gegenstände hatte man Bramahs Presse bereits benutzt und in der Londoner Ausstellung von 1851 hatten B. Hick und Sohn zu Bolton eine Presse mit vier

[1]) Siehe Beschreibung von Schliwa in Tunners Jahrbuch, Bd. 4, S. 183.
[2]) Siehe Armengaud, Publ. industr., Bd. 11 (1858), S. 3.
[3]) Wedding, a. a. O., Bd. 3, Fig. 342.

Digitized by Google

Cylindern, welche mit 2500 Tonnen drückte, ausgestellt. Haswells Dampfpresse von 1859 war aber die erste gelungene Lösung der Auf-

Fig. 302.



gabe, den Wasserdruck unmittelbar zur Herstellung schwerer Schmiedestücke zu verwenden. Sie wurde besonders zum Pressen komplizierter Eisenstücke, wie Kurbelachsen, Achslager u. dergl., angewendet.

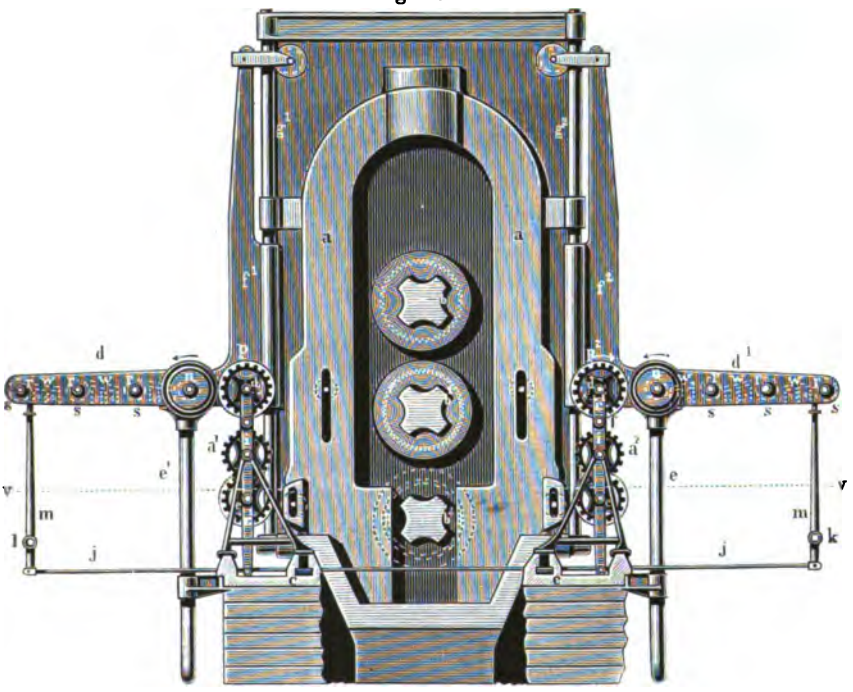
Digitized by Google

Grofse Fortschritte wurden in den 50er Jahren bei den Walzwerken gemacht. — Das Überheben der Walzstücke, welches bei dem gewöhnlichen einseitigen Gang der Walzen nach jedem Durchgange nötig war, wurde um so schwieriger, je schwerer die Stücke wurden. Man suchte dieses deshalb auf verschiedene Art zu erleichtern oder unnötig zu machen.

Zur Erleichterung dienten die Überhebevorrichtungen. Diese waren entweder bewegliche Brücken oder fahrbare Gestelle.

Aufziehbare Gitterbrücken zum Überheben der Walzstücke hatte man schon anfangs der 50er Jahre auf den belgischen und westfälischen Hütten. Auf der Guten Hoffnungshütte bei Oberhausen

Fig. 303.



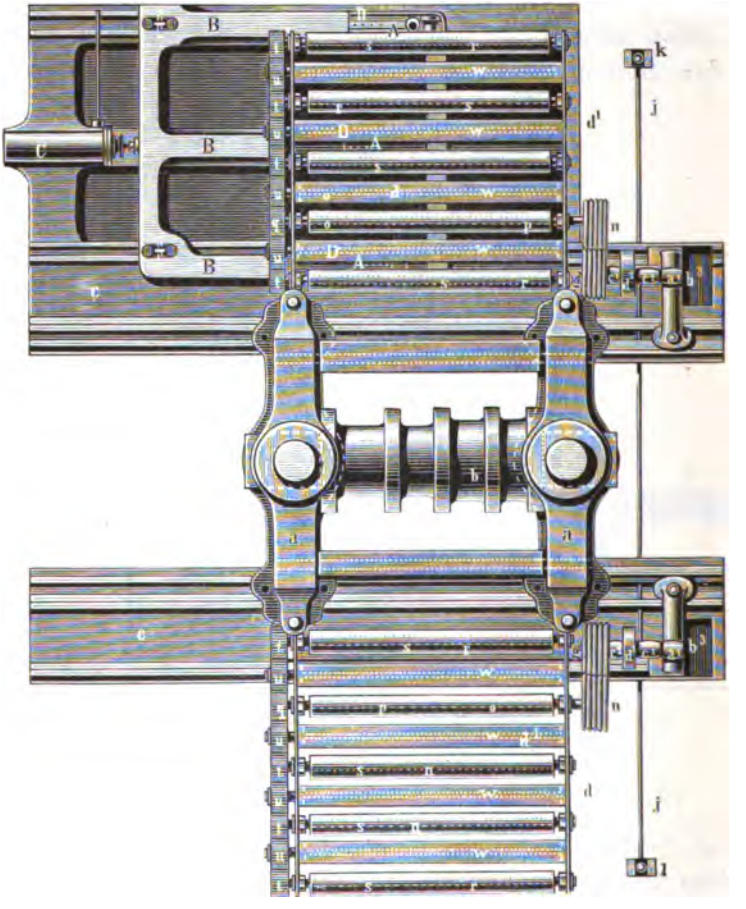
geschah 1854 das Heben der Brücke durch einen Dampfcylinder. Eine ähnliche Hebevorrichtung für schwere Kesselbleche zu Neuberg in Steiermark hat Rittinger in seinen Erfahrungen 1855 beschrieben, und Borsig konstruierte einen sehr vollkommenen Dampfhebeapparat zu Moabit. Natürlich mufsten sich diese Hebebrücken auf beiden Seiten der Walzen befinden. Noch wichtiger wurden diese Überhebvorrichtungen, als man anfing, schwere Stahlblöcke und Panzerplatten zu walzen. Hierfür erfand Ende der 50er Jahre der Amerikaner

Digitized by Google

John Fritz eine vortreffliche Vorrichtung. Er wendete für sein Blockwalzwerk drei Walzen übereinander an. Die Zufuhr- oder Speisetische dd^1, welche Fig. 303 (a. v. S.) im Durchschnitt und Fig. 304 [1]) im Grundrifs gezeichnet sind, wurden durch hydraulische oder Dampfcylinder mittels der Kolbenstangen ee^1 gehoben und gesenkt [2]).

Die fahrbaren Gestelle, welche parallel mit den Walzen auf Schienen liefen und die besonders zum Bewegen von schwerem Façoneisen von

Fig. 304.



einem Kaliber zum anderen dienten, hatte man in ihrer einfachen Form als Wagengestelle ebenfalls schon anfangs der 50er Jahre.

Eine verbesserte Vorrichtung dieser Art, Colamineur genannt, war

[1]) Wedding, a. a. O., Bd. 3, Fig. 286, 287.

[2]) Näheres über die Konstruktion siehe Wedding, a. a. O., Bd. 3, S. 791.

Digitized by Google

von Cabrol zu Decazeville konstruiert und erregte auf der Pariser Weltausstellung 1855 das Interesse der Fachmänner[1]). Sie war für die schweren Barlowschienen, deren Pakete von 6 bis 7 Ctr. Gewicht 13 Kaliber passieren mufsten, erfunden. Da sich die verschiedenen Walzenpaare in entgegengesetzter Richtung bewegten, brauchten die Schienen nicht darüber gehoben, sondern nur seitlich verschoben zu werden. Der Colamineur war eine Schiebebühne auf Rädern, die auf Schienen liefen und durch Wasser oder Dampfkraft bewegt wurden. Die Bewegung geschah in Führungen, welche die Bewegungen einschränkten.

Das Überheben der Walzstücke wurde ganz unnötig, wenn sich die Walzen vorwärts und rückwärts bewegen konnten und nach jedem Umgange sich umgekehrt drehten (Reversierwalzwerk). Konstruktionen dieser Art bevorzugte man besonders in England.

Thomas Walker liefs sich am 26. März 1850 Blechwalzen mit vor- und rückläufiger Bewegung, welche durch ein Zahnradgetriebe mit Ausrückvorrichtung bewirkt wurde, patentieren. Ein Zängewalzwerk für Luppen und Pakete mit Vor- und Rückbewegung erfand Thomas Ellis (Patent vom 27. Februar 1851). Die Hin- und Herbewegung wurde ebenfalls durch ein Zahnstangengetriebe vermittelt. Eine ähnliche Konstruktion war aber schon längere Zeit zuvor auf der Tredegarhütte in Anwendung, wo man mit einem solchen Walzwerk bereits 13000 Tonnen Schienen gezängt hatte, ohne dafs eine Reparatur erforderlich wurde. Dieses System der Kehrwalzen (Reversierwalzen) wurde später auch in Frankreich eingeführt, wo es z. B. um 1855 zu Hautmont[2]) in Anwendung stand. Die Kehrwalzen arbeiteten mit Schwungrad.

James Nasmyth liefs sich am 15. Juli 1853 eine andere Art der Umsteuerung patentieren, bei der die Betriebsmaschine, eine Zwillingsmaschine ohne Schwungrad, selbst umgesteuert wurde.

So bequem diese Systeme der Umsteuerung für die Arbeit des Walzens waren, so nachteilig erwiesen sie sich für die Maschinen und Triebwerke. Man verfiel deshalb auf andere Anordnungen, um das Überheben zu vermeiden. Charles May erhielt am 4. April 1854 ein Patent, nach welchem das gebräuchliche eine grofse Schwungrad durch eine entsprechende Anzahl kleinerer ersetzt wurde. Vier Dampfcylinder waren paarweise gekuppelt. Jeder Dampfkolben wirkte auf

[1]) Armengaud, Publ. industr., Bd. 10, S. 283. Tunners Jahrbuch, Bd. 5, S. 35.

[2]) Siehe Tunners Jahrbuch, Bd. 6, S. 239.

Digitized by Google

eine Welle, deren Kurbeln rechtwinklig zu einander standen. Jeder Walzenzug hatte eine Anzahl Walzenpaare mit nur je einem Kaliber und entgegengesetzter Bewegung. Das Walzpaket wurde von Arbeitern auf einem fahrbaren Gestelle auf Schienen parallel den Walzen gefahren und zwar befanden sich entsprechende Gestelle auch auf der anderen Seite, um das durchgewalzte Stück aufzunehmen. Auf diese Weise wurden die Walzstücke von beiden Seiten ohne Überheben durchgewalzt. Diese Anordnung war gut, aber kostspielig, und im Betriebe umständlich und zeitraubend.

Besser haben sich die Walzwerke mit drei übereinander liegenden Walzen, Trio- oder Dreiwalzwerke, bewährt, wobei das Walzgut in den beiden Kaliberreihen vor- und rückwärts gewalzt wurde. Bei den Feineisenwalzwerken war diese Anordnung schon lange im Gebrauch (siehe S. 262), man übertrug sie aber jetzt auch auf Grobwalzen.

Dasselbe bezweckte ein Walzwerk zum Walzen von langen Stäben, das sich W. E. Newton am 4. Mai 1853 patentieren liefs. Es bestand aus drei vertikalen Walzen, von denen die beiden äufseren sich in entgegengesetzter Richtung drehten. Horizontale „Supplementwalzen", welche rechtwinklig zu den obigen standen, konnten die durchgewalzten Stäbe aufnehmen und gleichzeitig durchwalzen. Die durchgewalzten Stäbe wurden mit Hülfe eines Krahns mit beweglichem Arme dem folgenden Kaliber zu- und durch dasselbe zurückgeführt.

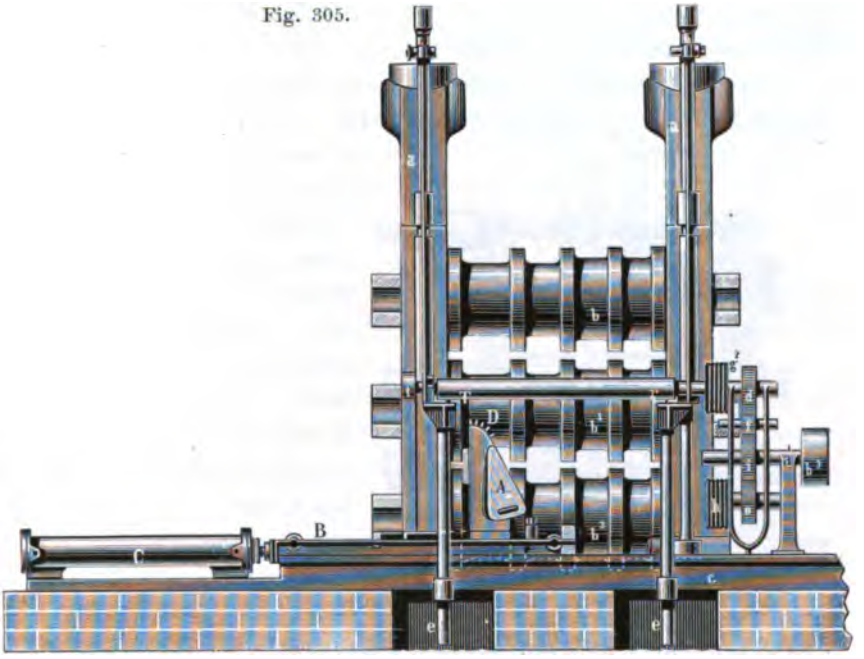
Ein eigentliches Triowalzwerk mit drei horizontalen Walzen, von denen die mittlere fest lag und mit lief, während die Bewegung auf die beiden äufseren übertragen wurde, liefs sich Richard Brown Roden am 4. August 1853 in England patentieren (Nr. 1824). Sein Patent erstreckte sich auch auf den durch einen Dampfcylinder beweglichen Walztisch (movable platform).

Gröfsere Beachtung fand das Dreiwalzensystem nach der Erfindung der Flufseisenbereitung von Bessemer, besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Dort konstruierte Fritz sein Triowalzwerk (Fig. 305), das wir bereits seiner Überhebvorrichtung wegen erwähnt haben und das am 15. Mai 1860 von dem belgischen Ingenieur Bernhard Lauth (nach einer Mitteilung von John Fritz) durch ein Patent in England (Nr. 690) geschützt wurde. Es sollte zum Walzen von Schienen, Stäben, Stangen (rails, bars, beams) und ähnlichen Sorten dienen. Auch bei diesem lag die mittlere Walze fest, während die obere und untere verstellbar waren. Das Heben und Senken der

Digitized by Google

Walzen geschah durch starke Schraubenspindeln und die Gewichte der Ober- und Unterwalze waren durch Gegengewichte ausgeglichen. Durch eine senkrechte, am Ständer befestigte Welle mit zwei Stirn-

Fig. 305.



rädern wurden Ober- und Unterwalzen gleichzeitig genähert oder entfernt.

Zur Vereinfachung des Walzens und um die vielen Kaliber zu sparen, konstruierte man für Flacheisen, bei dem es auf eine gewisse

Fig. 306.

Stärke, weniger dagegen auf bestimmte Breite ankam, die Staffelwalzen (Fig. 306).

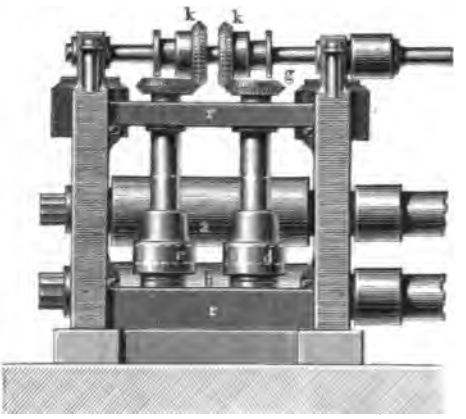
In weit vollkommenerer Weise wurde dieser Zweck aber erreicht

Digitized by Google

durch das Universalwalzwerk. Es ist dies, wie Fig. 307 zeigt, eine Kombination von einem verstellbaren Paar von horizontalen und von vertikalen Walzen und es ist leicht einzusehen, wie durch Verstellung der horizontalen (*a* bis *b*) und der vertikalen Walzen (*c* bis *d*) jede Flacheisensorte gewalzt werden kann.

Robert Daelen in Hörde[1]) gebührt der Ruhm, dasselbe in der praktischen Anordnung konstruiert zu haben, welche seitdem in allgemeinen Gebrauch gekommen ist. Die dem Universalwalzwerk zu Grunde liegende Idee findet sich bereits in einem Patente von Thomas Todt vom 7. Mai 1818. R. Daelen erbaute 1848 auf dem Eisenwerke von Piepenstock & Komp. zu Hörde ein Universalwalzwerk, das sich gut bewährte und danach auf verschiedenen Werken, z. B. Eschweiler Aue von Phönix, Walzwerk Oberhausen von Jacobi, Haniel und Huyssen, Paulinenhütte bei Dortmund unverändert nachgemacht wurde[2]).

Fig. 307.



Grofse Verbesserungen wurden für das Walzen von Radreifen für Eisenbahnräder (Tyres, Bandagen) erfunden. Um die Schweifsstellen, welche bei dem früher gebräuchlichen Zusammenschweifsen der Enden häufig Veranlassung zu Brüchen gaben, in das Innere zu verlegen, rollte man mit einem Aufwickler (Enrouleur) einen Stab von Feinkorneisen oder Puddelstahl spiralförmig um einen Dorn und erhielt dadurch einen Ring, den man zusammenschweifste und auswalzte. Dieses Verfahren war schon 1839 von Bodmer und 1844 von Bramwell vorgeschlagen, 1849 von Ch. Cowper patentiert (E. P. Nr. 12861), 1856 aber von Jackson, Petin, Gaudet & Komp. zuerst mit Erfolg im Grofsen praktisch ausgeführt worden. Von da verbreitete es sich in Frankreich (z. B. zu v. Dietrich in Niederbronn), nach England, wo es Owen zu Rotherham zuerst anwendete, nach Belgien, wo es 1858 zu Ougrée eingeführt wurde, und nach

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch 1855, S. 3.

[2]) Siehe Dinglers polyt. Journ., Bd. 164, S. 401 mit Abbildung.

Digitized by Google

Deutschland (F. Krupp). Zum Walzen dieser nahtlosen Ringe (helical coils, weldless hoops) erfanden Jackson, Petin, Gaudet & Komp. ein sehr sinnreiches Walzwerk[1]). Es war dies ein sogenanntes Kopfwalzwerk. Der Ring lag dabei auf einem horizontalen Gestelle. Zwei vertikale Triebrollen und zwei horizontale Schlepprollen bildeten zusammen den Querschnitt der Bandage. Diese wurde zwischen die vier Rollen eingelegt, von diesen beim Anlassen der Maschine gepackt und unter beständiger Rotation durch successives Andrehen der oberen Schlepprolle und besonders der verschiebbaren Triebrolle allmählich ausgewalzt. Der Ring bewegte sich dabei auf einer horizontalen Eisenplatte zwischen Leitrollen.

Dieses Verfahren wurde am 27. August 1855 von William Johnson für Jackson Brothers, Petin, Gaudet & Komp. in England patentiert (Nr. 1940).

Eine sehr wichtige Verbesserung, wodurch jede Schweifsnaht vermieden wurde, führte Fr. Krupp 1853 bei der Herstellung seiner Stahltyres ein. Er bohrte in den vorgeschmiedeten Stahlblock zwei Löcher, verband diese durch einen Sägeschnitt und erweiterte dann den so gebildeten Schlitz bis zur Kreisform, worauf er den Ring auswalzte.

Wir verweisen noch auf ein von Kudernatsch in Österreich angegebenes Verfahren zur Anfertigung der Tyres[2]).

Thornycroft in Wolverhampton machte den äufseren Teil der Bandagen aus Holzkohlenfrischeisen, wofür dann Tunner zu Neuberg in Steiermark mit Erfolg Puddelstahl nahm.

Die Fabrikation der Eisenbahnschienen gewann immer gröfsere Verbreitung und Umfang. Es war ganz allgemein üblich und zu einer Lieferungsbedingung aller Eisenbahnen geworden, dafs der Kopf der Schiene aus hartem, krystallinischem Eisen, Steg und Fufs aus sehnigem Eisen hergestellt wurden[3]).

Der gröfste Mifsstand bei den Eisenbahnschienen war immer, dafs die Schweifsung der Längsstäbe schwierig war und die Schienen infolgedessen oft der Länge nach splitterten. Um dies zu vermeiden, erfand C. Harrat eine Maschine, welche ein um einige Längs-

---

[1]) Siehe Armengaud, Publ. industr., Bd. 7, S. 494. Practical Mechanics Journ., April 1856. Dinglers polyt. Journ., Bd. 141, S. 417.

[2]) Berg- u. hüttenm. Ztg. 1853, S. 142.

[3]) Über die Schienenfabrikation in England siehe Röhrig, Berg- u. hüttenm. Ztg. 1854, Nr. 18; 1855, Nr. 5 u. 6; in Frankreich siehe Curtel, Revue universelle, vol. 2, p. 302; in Österreich siehe G. Lindauer, Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1857, Nr. 16 u. 17.

Digitized by Google

stäbe gewickeltes Paket herstellte. Durch die Umwickelung sollten die Schweifsnähte in verschiedene Richtung zu liegen kommen (Berg- und hüttenm. Ztg. 1851, S. 678).

Gewalzte Querschwellen für einen eisernen Unterbau der Eisenbahnschienen anstatt der Holzschwellen hatte die Société anonyme in Belgien auf der Londoner Weltausstellung 1851 zuerst vorgeführt.

Eine grofse Bedeutung erlangte auch die Fabrikation des schweren Profil- oder Façoneisens zu Bauzwecken.

Eine grofsartige Verwendung des Eisens als Baumaterial hatte bei dem Ausstellungsgebäude in London, dem Krystallpalast, 1851 stattgehabt. Die Ausstellung von 1855 legte Zeugnis ab von dem grofsen Fortschritte des Formeisenwalzens. Nach Tunners Ausstellungsbericht mufsten bei derselben die Walzen nach jedem Durchgange umgestellt werden. Um dies bewerkstelligen zu können, war das Triebwerk überbrückt und ein auf der Brücke stehender Arbeiter bewirkte die Umstellung nach jedem Durchgange.

Die Fabrikation von verziertem Walzeisen wurde damals vorzugsweise in Frankreich gepflegt. Sie bildete einen neuen Fabrikationszweig der Herren Montgolfier & Bernard auf ihrer Hütte zu St. Chomond. Die Stäbe wurden erst vorgestreckt, dann rotglühend durch besondere Walzen, welche die Dessins vertieft enthielten, gewalzt. Man machte alle Arten von verziertem Bandeisen, Griffleisten mit Arabesken u. s. w. Das Verfahren gestattete viele der schönen geschmiedeten und geschnittenen Gitterwerke des Mittelalters auf billige Weise nachzuahmen, war also ein wichtiger Fortschritt für das Kunstgewerbe.

Zu der Einführung der Schnellwalzwerke in Belgien hatten Flachat, Petiet & Barrault schon in den 40er Jahren die Anregung gegeben. Anfangs der 50er Jahre kamen dieselben in Rheinland und Westfalen, besonders auch im Siegerland in Aufnahme[1]). Das 1851 in Rödinghausen bei Menden für Wasserbetrieb erbaute Schnellwalzwerk war nach belgischem Muster mit fünf Gerüsten in einer und derselben Linie angelegt.

Man verbesserte die Einrichtung der Schnellwalzwerke in Westfalen dadurch, dafs man die Vorwalzen von den übrigen Walzen trennte und als besondere Walzenstrafse behandelte. Dies geschah zuerst auf dem 1852/53 neuerbauten Draht-, Puddel- und Walzwerk von Thomée in Ütterlingsen[2]). Man konnte diesem dadurch eine geringere Ge-

[1]) Siehe Berg- u. hüttenm. Ztg. 1857, Nr. 42.

[2]) Nach H. Fehland, Die Fabrikation des Eisen- und Stahldrahtes 1886.

Digitized by Google

schwindigkeit geben, wodurch bei langsamerer Streckung eine bessere Schweifsung erzielt und dadurch die Qualität des Drahtes verbessert wurde. Ein Feinwalzwerk erforderte 50 bis 60 Pferdekräfte.

Über die bei der Stabeisenfabrikation erforderlichen Triebkräfte hat Truran beachtenswerte Mitteilungen gemacht[1]).

Henvaux bediente sich in Belgien mit Erfolg gufseiserner Räder mit eingesetzten schmiedeeisernen Zähnen zum Betriebe der Walzentrains (siehe Berggeist 1860, S. 77).

Auch bei der Blechfabrikation und den Blechwalzen wurden viele Neuerungen eingeführt, wozu schon der Umstand, dafs man immer schwerere Platten anfertigte, Veranlassung gab.

Kesselbleche und Schiffsbleche wurden immer gröfser und schwerer gewalzt, dazu kam die Einführung eisengepanzerter Kriegsschiffe, eine Neuerung, welche für den Eisenbedarf und die Eisenfabrikation von grofser Wichtigkeit war. Die praktische Ausführung stammt aus Amerika. Robert Livingstone Stevens (geb. 1788 zu Hoboken, † 1856) war der Erfinder einer Methode, Schiffe mit eisernen Platten zu bedecken, um sie vor feindlichen Geschossen zu schützen. Schon 1811 hatte er diesen Gedanken gefafst. 1842 begann er seine Versuche, eine schwimmende, eiserne Batterie zu errichten, die kugelfest war. 1842 begann man in Nordamerika mit Schiefsversuchen gegen Eisenplatten. 1849 erhielt Livingstone Stevens bereits von der amerikanischen Regierung den Auftrag, eine schwimmende Batterie für sie zu bauen. Es sollte ein grofses Fahrzeug ganz aus Eisen werden. Erst 1856 begann er den Bau, der, durch seinen Tod unterbrochen, unvollendet blieb.

Inzwischen hatten auch England und Frankreich der Frage ihre Aufmerksamkeit zugewendet. 1843 begann man mit Schiefsversuchen gegen Eisenplatten zu Woolwich und zu Gavres. 1845 entwarf der französische Ingenieur Dupuy de Lôme den Plan für ein Panzerschiff.

Der erfindungsreiche Schwede John Ericson, der in Amerika seine zweite Heimat gefunden hatte, griff denselben Gedanken auf und führte ihn zum ruhmvollen Ende. Bereits 1854 machte er sein erstes Modell zu einem eisernen Thurme auf einem eisernen Schiffe. Napoleon III. hatte nach dem Ausbruche des Orientalischen Krieges die Wichtigkeit dieser neuen Erfindung gewürdigt und beauftragte 1853 den Ingenieur Guieysse mit dem Bau schwimmender Batterien. Fünf Stück wurden hergestellt. Die Panzerung bestand aus 110 mm

[1]) Siehe Hartmann, Fortschritte des Eisenhüttenwesens 1858, S. 411.

Digitized by Google

dicken Eisenrippen auf 200 mm dicken Eichenplanken. Bei der Beschiefsung von Kinburn am 17. Oktober 1854 erzielten die schwimmenden Batterieen glänzende Erfolge. In Frankreich entstand hierauf der Gedanke, auch gepanzerte Kriegsschiffe zu erbauen. Ende 1857 legte Dupuy de Lôme die Pläne der Panzerfregatte La Gloire vor, deren Bau am 28. März 1858 zu Toulon begonnen wurde. Am 24. November 1859 lief sie vom Stapel.

Hiermit begann die Epoche der Panzerschiffe und der Eisenpanzerung überhaupt. Die Gloire hatte einen 120 mm dicken Eisenplattenpanzer, der nach den gemachten Versuchen den 68pfündigen Schiffskanonen zu widerstehen vermochte. Im Mai 1859 erfolgte auch der Stapellauf des ältesten englischen Panzerschiffes, The Warrior. — Einen drehbaren Panzerschild erfand der englische Kapitän Coles 1854, und 1859 entwarf er ein Panzerschiff mit neun drehbaren Panzerkuppeln.

Zu schweren Kesselblechen mufste man zwei bis drei Brammen zusammenschweifsen und vier Hitzen geben: erste Hitze für den Hammer, um die Luppen in Brammen zu verwandeln; zweite Hitze für das Walzwerk, um die Brammen zu Platten auszuwalzen; dritte Hitze für das Walzwerk, um die Platten zusammenzuschweifsen; vierte Hitze für das Walzwerk, um die geschweifsten Platten zu Blechen zu walzen.

Thomas und Laurens zu Paris machten hohle Blechwalzen mit Wasserkühlung [1]). Eine verbesserte Stellschraubenbewegung erfand Krupp, die darin bestand, dafs er die Bewegung der Schrauben durch Zahnräder bewirkte, in welche Schrauben ohne Ende, die an schiefliegenden Wellen aufgekeilt waren, eingriffen. — Jacob & Komp. in Paris bewerkstelligten die Stellung der Blechwalzen mittels zweier Excenter auf gemeinschaftlicher Welle. Kurtz in Paris bediente sich eines Handrades mit Getriebe, welches durch Zahnräder die beiden Stellschrauben bewegte.

Die Kesselblechwalzen waren alle mit Hebevorrichtungen versehen und verweisen wir auf das, was wir oben schon über die beweglichen Walztische gesagt haben [2]). Am gebräuchlichsten waren die Gitterbrücken, welche sich um feste Punkte mit Haspen drehten und durch zwei Zugstangen auf und nieder gezogen wurden. Die Walzstücke liefen auf cylindrischen Rollen. Das Heben geschah meistens mit Menschenhand, bei schweren Platten mit Dampf. Eine einfache

---

[1]) Armengaud, Publ. industr., vol. 10, p. 333.

[2]) Siehe Tunners Jahrbuch 1854, S. 301. Rittingers Erfahrungen 1855, S. 29.

Digitized by Google

Konstruktion war die, bei welcher die rotierende Walze selbst das Überheben besorgte[1]).

Um den Blechen ein schönes Aussehen zu geben, liefs man sie zum Schluſs glatte Hartwalzen passieren (Seraing 1851).

Auf die Fabrikation der sogenannten russischen Bleche, welche einen schwarzen Spiegelglanz hatten, wurden in dieser Zeit mehrere Patente in England genommen. Bellford (29. Juli 1852) legte nach dem Auswalzen 20 rotglühende Bleche übereinander, indem er Holzkohlenpulver dazwischen streute und sie unter einem kleinen Hammer ausschlug. Dann bildete er aus diesen Blechen ein zweites ebenso groſses Paket, indem er abwechselnd heiſse und kalte Bleche ohne Holzkohlen übereinander legte und sie unter einem groſsen Hammer ausschlug. J. Lackmann (14. März 1855) verfuhr ähnlich, nur bediente er sich eines Hammers mit polierter Bahn. A. V. Newton (18. März 1858) tauchte die ausgewalzten Bleche in Säure ein und liefs sie dann durch polierte Hartwalzen gehen. Um sie blau zu machen, tauchte er sie dann noch in ein geschmolzenes Metallbad.

In England verwendete man 1858 bereits Wellbleche als Dachdeckmaterial und zu Wänden im Freien. Dieselben wurden mittels eines schweren Fallwerkes gestampft. Der schwere, guſseiserne Fallklotz hatte unten zwei runde Rippen von der Länge der Blechtafeln. Ihm entsprach als Matrize ein mit zwei runden Furchen versehener Unterstempel. Der Fallklotz wurde 18 Zoll hoch gehoben und man liess ihn dann auf das Blech auffallen.

Für Weiſsblech verwendete man in England schon 1851 statt der gefrischten Holzkohlenbleche meist aus Anthracitroheisen gepuddelte Bleche. Tunner sagt in seinem Berichte über die Londoner Weltausstellung: „vor ungefähr 15 oder höchstens 20 Jahren glaubte man allgemein, für Weiſsbleche sei nur bei Holzkohlen gefrischtes und mit Koks im Hollowfeuer ausgeheiztes Blech zu verwenden; allein durch besondere Sorgfalt beim Verpuddeln eines guten, dünn eingeschmolzenen Roheisens wurde das Holzkohlenfrischeisen von Jahr zu Jahr mehr verdrängt und dermalen wird zwar für die besten und feineren Sorten immer noch Holzkohlenstabeisen verwendet, aber im ganzen werden jetzt viel mehr Weiſsbleche aus gepuddeltem als aus gefrischtem Eisen erzeugt.“

Das Walzen schmiedeeiserner Röhren war infolge der Ausbreitung der Gasbeleuchtung ein wichtiger Industriezweig geworden.

---

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch 1860, S. 187.

Digitized by Google

Das gröfste Röhrenwalzwerk in England war zu West-Bromwich[1]). das schon 1851 sehr bedeutend war.

John Selby & Komp. hatte 1851 in London gewalzte Röhren von 7 Zoll Durchmesser und 13 Fufs Länge ausgestellt. Das Auswalzen und das gleichzeitige Schweifsen geschah mit vier gekuppelten Walzen über einen kurzen, 4 bis 6 Zoll langen Dorn. Gasröhren wurden meist ohne Dorn gezogen. Gezogene Röhren von 5 Zoll Durchmesser und 10 Fufs Länge hatten Gaudillot & Komp. in Paris 1851 zu London ausgestellt.

Der Drahtbedarf hatte in dieser Periode eine aufserordentliche Zunahme erfahren. Telegraphendrähte und Drahtseile waren neue Bedürfnisse, dazu kam der wachsende Verbrauch für Stifte, Holzschrauben, Spiralfedern, Gitter und Siebe u. s. w. Belgien, welches 1847 kaum $^1/_2$ Million Kilogramm Draht erzeugt hatte, produzierte 1854 $3^1/_2$ Millionen Kilogramm. Preufsens Erzeugung betrug 1854 186000 Ctr., 1855 schon 372000 Ctr. Diese Erhöhung der Produktion war ermöglicht durch die allgemeinere Einführung der Schnellwalzen bei der Drahtfabrikation.

Bei der Walzdrahtfabrikation unterschied man das französische und das englische System[2]). Bei letzterem lagen alle Walzengerüste in einer Linie und alle Walzen bewegten sich mit derselben Geschwindigkeit von 230 bis 260 Umdrehungen in der Minute. Dieses System war auch in Belgien eingeführt und wurde später vielfach als belgisches System bezeichnet (s. S. 876). Dafs die Trennung der Vorwalzen von den Fertigwalzen in Deutschland bereits 1852/53 eingeführt wurde, ist bereits oben erwähnt. Bei dem sogenannten französischen System waren die Gerüste in zwei Linien aufgestellt und die Vorwalzen liefen mit geringerer, die Unterwalzen mit gröfserer Geschwindigkeit als bei dem englischen System.

Ein Beispiel eines englischen Walzwerkes lieferte das Stummsche Werk zu Neunkirchen bei Saarbrücken. Hier standen fünf Walzenreihen in einer Linie und liefen mit gleicher Geschwindigkeit. In dem ersten Gerüste lagen drei Vorwalzen übereinander, in den folgenden je zwei Walzen und jedes Paar drehte sich in umgekehrter Richtung. Gegen Ende des Auswalzens lief ein Draht durch vier bis fünf verschiedene Kaliber zugleich; er bewegte sich dabei um Stäbe im Boden, und Jungen mit Leithaken führten ihn. Der fertige Draht

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch 1860, S. 176.
[2]) Siehe Tunners Jahrbuch 1854, S. 301.

Digitized by Google

wurde auf eine Trommel aufgewunden, der Drahtkranz schnell abgenommen und in einen Kühlcylinder zum langsamen Abkühlen gebracht. Das Auswalzen eines Drahtes von 130 bis 150 Fuſs Länge dauerte höchstens $5^1/_4$ Minuten.

Aus Auguste Gillons Bericht über die Drahtfabrikation in Belgien[1]) 1855 teilen wir folgendes mit.

Man verarbeitete ein gutes graues Roheisen in einem Puddelofen, dessen Herdwände mit oolithischem Eisenglanz ausgekleidet waren. Man walzte den Draht in dem Schnellwalzwerke in der Regel bis 0,0045 m Dicke. Telegraphendraht walzte man bis 4 mm und zog ihn dann nur einmal durch ein Zieheisen. Viele Walzwerke konnten aber nur bis $5^1/_2$ mm Stärke walzen. Der ausgeglühte und abgekühlte Walzdraht wurde in mit Blei ausgeschlagenen Bottichen in verdünnte Schwefelsäure (3 kg Säure auf 250 kg Wasser) gelegt und 20 bis 30 Minuten mit Dampf erhitzt. Die anhaftende Säure entfernte man alsdann durch Eintauchen in Kalkwasser. Das Ziehen geschah mit der Rolle. In England stand hierbei das Zieheisen in einem Ölbade. Um dem Draht Glanz und helle Farbe zu geben, zog man ihn naſs, d. h. man legte den Drahtring auf einen Haspel, der in einen Trog eintauchte, welcher Wasser, Bierhefe, etwas Schwefelsäure oder Kupfervitriol enthielt. Nach mehrmaligem Durchziehen muſste der Draht geglüht werden. Dies geschah in Blechcylindern, die 1500 bis 1800 Ringe faſsten und mit Deckeln, die man mit Lehm verschmierte, geschlossen wurden. Hierin wurden sie 4 Stunden geglüht, wobei 200 bis 250 kg Steinkohlen verbrannt wurden. Das Abkühlen dauerte 18 Stunden. Dieser unterbrochene Betrieb war unvorteilhaft. Cocker in Liverpool baute deshalb einen Glühofen, der aus einem starken, guſseisernen Cylinder bestand und in horizontaler Lage eingemauert war. Beide Enden wurden durch senkrechte Schiebethüren verschlossen. Die Drahtringe hingen an einer beweglichen Kette ohne Ende, welche durch den Cylinder ging.

Bemerkenswert ist, daſs damals in Amerika bereits excentrische Kegelwalzwerke in Vorschlag gebracht wurden[2]).

In Deutschland legte H. Thomée zu Ütterlingsen 1852/53 ein Drahtwalzwerk mit getrennten Vor- und Fertigwalzen an. Die Vorwalzen hatten 235 mm Durchmesser und machten 200 bis 250 Umgänge, die Walzen der vier Paar Fertigwalzen hatten 210 mm Durch-

[1]) Siehe Revue universelle, vol. 2, p. 51. Dinglers polyt. Journ., Bd. 147, S. 26.
[2]) Siehe Berg- u. hüttenm. Ztg. 1851, S. 694.

Digitized by Google

messer und machten 400 bis 500 Umdrehungen. Dieses System fand grofse Verbreitung. Spannagel bezeichnete es als „deutsches Drahtwalzwerk“ [1]).

L. Hill jun. erfand 1849 ein Walzwerk (E. P. 12457), das aus drei symmetrischen, um eine vertikale Achse gruppierten abgestumpften Kegeln bestand, deren untere Spitzen so verbunden sind, dafs die Eisenluppe, welche man in den von den eisernen Kegeln gebildeten Trichter legte, allmählich zu einer eisernen Stange ausgestreckt wurde (Fig. 308). Der Vorzug von Hills Walzmethode sollte darin bestehen, dafs das Eisen nicht blofs der Länge nach gestreckt, sondern seine Fasern in Spiralen gewunden wurden.

Man hatte Kegelwalzwerke dieser Konstruktion schon 1849 in den Vereinigten Staaten. Die Achsen der Kegel schnitten sich nicht in einem Punkte, sondern lagen etwas excentrisch. Eine in den trichterförmigen Raum zwischen den Kegeln eingelegte Luppe wurde daher infolge dieser excentrischen Stellung der Kegel allmählich gewissermafsen niedergeschraubt, indem zugleich auch die Eisenfasern eine Drehung erlitten.

Fig. 308.

Bei einer Probe mit einem solchen Walzwerke wurde ein 3 Zoll dicker Eisenkolben in einer Hitze zu einem einzölligen Stabe ausgewalzt [2]).

Von Verbesserungen an Werkzeugen erwähnen wir noch den verbesserten Daelenschen Dampfhammer mit zwei Ständern zum Luppenschmieden; die zu Buckau fabrizierten Blechscheren mit beweglichem Tisch für schwere Bleche; das mit besonderer Dampfmaschine betriebene Stabeisenschneidewerk von Borsig.

Stahlbereitung 1851 bis 1860.

Die wichtigsten Entdeckungen und Erfindungen wurden aber in dieser Periode auf dem Gebiete der Stahlbereitung gemacht. Die Erfolge des Stahlpuddelns und die Fortschritte der Gufsstahlfabrikation erregten allgemeines Interesse und die Londoner Weltausstellung lenkte in hervorragender Weise die Aufmerksamkeit der Fachmänner auf den Stahl. Krupp hatte nicht nur in seinem grofsen Gufsstahlblock

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1891, S. 177.
[2]) The Pract. Mechanics Journ. 1851, Juni, p. 52.

Digitized by Google

einen Stahlguſs von noch nicht dagewesener Gröſse ausgestellt, sondern er hatte auch die Verwendung des Guſsstahles für Zwecke, für die man bis dahin nur Schmiede- oder Guſseisen verwendet hatte, wie für Eisenbahnwagenachsen und Kanonenrohre, gezeigt, und die Jury sowohl wie das Publikum begriff alsbald die Tragweite dieser Neuerung. Der Tiegel-Guſsstahl war aber ein kostbares, teures Material. Das Bedürfnis nach einem billigeren Ersatzmittel desselben wurde immer dringender. Gelang es, einen billigen Massenstahl zu bereiten, so würde dieser für viele Dinge, für die man sich jetzt mit Schmiedeeisen begnügen muſste, Verwendung finden. Diese Betrachtung war es, die den Erfindungsgeist auf neue Wege führte. Die Puddelstahlbereitung war der erste, der mit Erfolg betreten worden war. Es zeigte sich aber bald, daſs sich durchaus nicht alle Eisensorten zur Puddelstahlfabrikation eigneten, daſs dieselbe vielmehr ein Roheisen von besonderer Güte und besonderen Eigenschaften verlangte, wodurch sie in ihrer Anwendung beschränkt blieb. Auch war der Weg bis zum fertigen Puddelstahl immer noch ein weiter. Erst muſste in teuren Hochöfen das hochgekohlte Roheisen erzeugt werden, dem man dann in Flammöfen mit groſsem Brennstoffaufwand wieder einen Teil des Kohlenstoffs entzog. Dies war ein kostspieliger Umweg. Der direkte Weg mit Umgehung des Hochofenprozesses versprach groſse Vorteile. Daſs er möglich war, bezeugten die Katalanschmieden in den Pyrenäen. Diese Betrachtung war es, die Chenot, Renton, Yates, Gurlt und Andere zur Erfindung neuer Stahlprozesse führte. Von diesen erregte der von Chenot das gröſste Aufsehen und die gröſsten Erwartungen, die sich aber nicht erfüllt haben. Andrien Chenot hat mit Eifer und Begeisterung sein ganzes Leben dieser einen Aufgabe gewidmet und durch Beharrlichkeit und Reklame hat er auch am Schlusse seiner Laufbahn einen Scheinerfolg erzielt, der aber wenige Jahre nach seinem Tode in Nichts verschwand. Schon als Student in der École des mines, 1822, und im folgenden Jahre, 1823, hatte er seine Versuche über direkte Eisengewinnung aus den Erzen begonnen[1]). 1831 baute er einen Ofen für Versuche im Groſsen, 1846 hatte er sein Verfahren soweit ausgebildet, daſs er in Frankreich und England Patente darauf nahm. 1851 stellte er seine in den Werken von Bagenay & Komp. durch Reduktion der Erze erhaltenen Eisenschwämme (éponges metalliques) und Proben von daraus erzeugtem Stahl und

[1]) Siehe die Biographie von A. Chenot von Ed. Grateau in Revue universelle, 4. livr., 1859, p. 1.

Digitized by Google

Eisen in London aus. Obgleich Chenot sich den gröfsten Erfolg von seinem Prozefs versprach und versicherte, dafs er danach mit den halben Anlagekosten billiger ausgezeichnetes Eisen und Stahl darstellen könne, als man gegenwärtig gewöhnliches Roheisen zu erzeugen im stande sei, so erregte seine Erfindung damals in Fachkreisen nur geringes Interesse. Dr. Heeren machte 1852 in dem Hannoverschen Gewerbeverein Mitteilungen über Chenots Eisenschwamm „als ein gutes Bindemittel"; über seine Bedeutung für die Stahlfabrikation bemerkte er nur, „dafs der Eisenschwamm mit einer entsprechenden Menge Kohlenpulver gemengt und geschmolzen Gufsstahl liefern mufs, ist nicht zu bezweifeln, wohl aber, dafs die Methode ökonomisch ist und einen guten, stets gleichen Stahl liefern werde". Nach seiner Angabe wurde die Reduktion durch Wassergas, welches durch Überleiten von Dampf über glühende Kohlen gebildet war, bewirkt. Chenot entwickelte aber in den Jahren 1851 bis 1855 eine aufserordentliche Thätigkeit, seinen Prozefs durch Versuche, die er in Clichy und in Ariège anstellte, zu vervollkommnen und ihn in die Praxis einzuführen, und wirklich gelang es ihm, zwei Werke auf seinen Prozefs zu gründen, eins zu Baracaldo bei Bilbao in Spanien, 1852, und ein zweites zu Clichy-la-Garenne bei Paris, 1855. Es war ihm gelungen, in Frankreich Interessen und Sympathieen für sich und seinen Prozefs zu erwecken und so trat derselbe bei der Weltausstellung zu Paris 1855 weit mehr in den Vordergrund, als dies 1851 der Fall gewesen war. Die Sache wurde sogar von den Franzosen zu einer nationalen gemacht und als eine der wichtigsten Erfindungen des Jahrhunderts der Welt verkündet. Selbst Sachverständige, wie Le Play, bezeichneten sie als die gröfste metallurgische Entdeckung des Zeitalters. Chenot war ein berühmter Mann geworden und die Jury erkannte ihm — allerdings in wenig loyaler Weise erst nach der Abreise der wichtigsten ausländischen Jurymitglieder und trotz des Protestes Tunners — die höchste Auszeichnung, die grofse goldene Medaille, zu[1]). In Frankreich teilte man die sanguinischen Hoffnungen des Erfinders. Auf diesem Gipfel des Erfolges erreichte Chenot das tragische Geschick, dafs er, unmittelbar nach Schlufs der Ausstellung, durch einen Sturz aus einem Fenster das Leben verlor. Chenot und nach seinem Tode seine Söhne erwarben in den Jahren 1854 bis 1856 eine Anzahl Patente, vier davon in England. Von diesen ist das vom 20. März 1854 (Nr. 658) das wichtigste. Der

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1856, Nr. 52, S. 415.

Digitized by Google

tragische Tod des Erfinders steigerte eher noch das Interesse an seiner Erfindung. Belgische Kapitalisten erwarben das Privilegium, gründeten eine Gesellschaft mit 1 Million Franken Aktienkapital und erbauten 1856 ein Werk zu Couillet bei Charleroi. In demselben Jahre entstand in Frankreich ein Werk zu Pontcharra (Isère) und im folgenden legte eine andere Gesellschaft mit $2^1/_2$ Millionen Aktienkapital ein grofses Werk zu Hautmont (Nord) an. Das zu Bogschan in Ungarn 1858 geplante Werk kam nicht zur Ausführung. Alle diese Unternehmungen waren darauf gegründet, nach Chenots Verfahren einen billigen, guten Stahl zu bereiten. Nach Chenots Angabe sollte sich die Tonne von seinem Stahl einschliefslich eines beträchtlichen Gewinnes auf 40 £ stellen. Der gesamte Kohlenverbrauch für die 1000 kg Stahlluppen sollte nur 1200 kg betragen. Die Unternehmer sahen sich aber in ihren Hoffnungen sehr getäuscht. Es gelang ihnen nicht, einen gleichmäfsigen, brauchbaren Stahl auf diesem Wege zu erhalten. Nur das Werk bei Bilbao, welches am ersten in der Lage war, die besten und geeignetsten Erze auszusuchen, setzte den Betrieb längere Zeit fort, aber in der Art, dafs es den Eisenschwamm dem Roheisen im Puddelofen zusetzte.

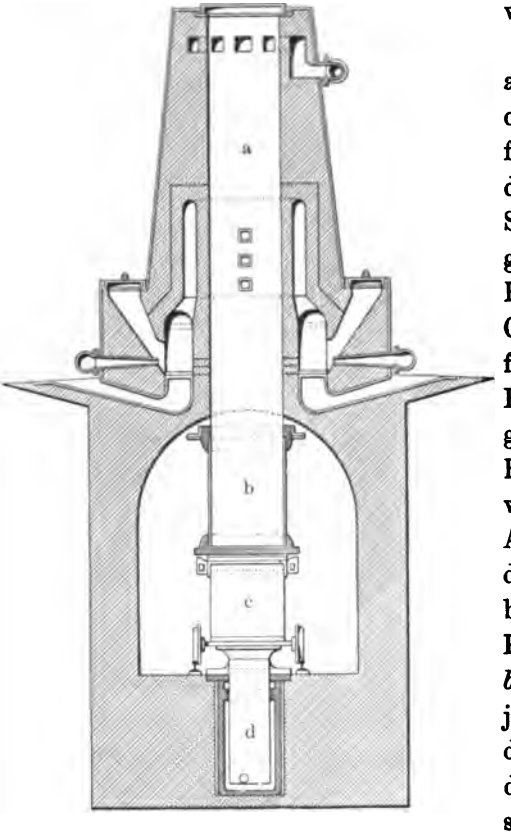
Wir sehen davon ab, die Entwickelung des Prozesses von Anfang an im einzelnen zu verfolgen und wollen ihn nur schildern, wie er 1855 bei der Pariser Ausstellung beschrieben wurde und wie er dann später in Clichy in Belgien und zu Hautmont ausgeführt wurde.

Bei der Ausstellung von 1855 spielte eine elektromagnetische Sortiermaschine, welche auch in dem englischen Patente von 1854 angeführt ist, eine wichtige Rolle. Schon bei den 1851 ausgestellten Stahlproben gab Chenot die dunkle und etwas bombastische Erklärung, dafs sie „sans fusion de la fonte, mais par Electromotions, resultants d'oxydations et de reductions alternatives“ hergestellt seien. Das elektro-magnetische Rad sollte zur Aufbereitung des durch Röstung magnetisch gemachten und dann gemahlenen Eisenerzes dienen. Der Apparat bestand aus einem doppelten, hohlen Cylinder aus Messingblech von etwa $2^1/_2$ Fufs äufserem Durchmesser und 1 Fufs Breite, an dem von innen etwa 30 durch einen elektrischen Strom periodisch wirksam gemachte Magnete von etwa 2 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Höhe radial herum verteilt waren. Bei dem Drehen des Rades wurden die Leitungsdrähte mit den einzelnen Magneten dergestalt abwechselnd in Verbindung gebracht oder ausgeschaltet, dafs das Rad an seiner Oberfläche auf der einen lotrechten Hälfte magnetisch war, auf der anderen nicht. An der magnetischen Seite wurde das

Digitized by Google

gemahlene Eisenerz auf einer endlosen Leinwand dem Rade langsam entgegengeführt, wodurch die magnetischen Teile an der Oberfläche des Rades haftend mit in die Höhe gehoben wurden, während sie jenseits des Radscheitels von der zweiten, nicht magnetischen Radhälfte frei herabfielen (Tunner). Dieser Apparat erregte zwar grofses Interesse bei der Ausstellung, bewährte sich aber in der Praxis gar nicht, und wurde überall wieder abgeschafft.

Fig. 309.



Die Reduktion erfolgte in aufrecht stehenden Retorten oder viereckigen, schachtförmigen Kammern *a*, in denen das Erz in kleinen Stücken mit Holzkohlen gemischt aufgegeben wurde. Fig. 309 zeigt den Ofen von Clichy, welcher mit Gasfeuerung eingerichtet war. Eine Charge betrug 1500 kg geröstetes Erz und 500 kg Holzkohle. Nach drei Tagen war die Reduktion beendet. Alsdann wurde der Ofen durch Ziehen eines Schiebers in einen untergestellten Kühlapparat (refroidisseur) *b* ausgeleert. Hierbei mufste jeder Zutritt des Sauerstoffs der Luft sorgfältig vermieden werden, weil der Eisenschwamm pyrophorisch war und leicht verbrannte. Gichtdeckel und Kühlkasten hatten deshalb Wasserverschlufs. Der ganze Vorgang mit dem Kühlen dauerte sechs Tage. Der reduzierte Schwamm wurde dann in untergestellte Wagen *c*. die auf Schienen liefen, entleert. Aus diesen gelangte er in Prefsformen *d*. Er war hellgrau, liefs sich mit dem Messer schneiden und brannte am Lichte. Dieser Schwamm wurde alsdann mit einem Drucke von 3000 Atmosphären auf $^1/_5$ seines ursprünglichen Volumens zusammengepreſst, wobei grofse Hitze entwickelt wurde. Man konnte ihn hierbei auch bereits in Formen pressen, z. B. in solche von

Digitized by Google

Eisenbahnschienen. Die Preſsstücke wurden in Schweifsherden mit Holzkohlen erhitzt und ausgeschmiedet.

Die Reduktion mit Gas bewährte sich indessen nicht. Die Öfen für die Reduktion mit Holzkohlen waren ähnlich, nur einfacher. Der zu Clichy war 13 m hoch, die äufseren Feuerungen lagen 7 m unter der Gicht.

Die Öfen zu Hautmont bestanden aus rechteckigen, vertikalen Kammern, 2 m lang, 0,50 m breit und 8,50 m hoch, die sich nach unten etwas erweiterten und Ähnlichkeit mit den Appoltschen Koksöfen hatten[1]). Man verarbeitete spanische Erze von Sommorostro, die durchschnittlich 55 Proz. Eisen enthielten.

Nach Chenots Angaben sollten die Unreinigkeiten durch den Schweifsprozefs gänzlich abgeschieden werden. Dies gelang aber so unvollkommen, dafs man die oben beschriebene Eisenbereitung mit der Zeit aufgab und nur noch Gufsstahl zu machen suchte. Hierfür war die richtige Kohlung des Schwammes von besonderer Wichtigkeit. Chenot suchte diese dadurch zu bewirken, dafs er den in den Retorten reduzierten abgekühlten Schwamm in Öl, Teer oder ähnliche Substanzen eintauchte, ihn nach Bedürfnis damit tränkte und den Überschufs durch Destillation entfernte (Patent vom 20. März 1854). Auch dies Verfahren bewährte sich in der Praxis nicht, man mischte deshalb den gemahlenen Eisenschwamm mit Holzkohlen sowie mit Braunstein und Flufsmittel, preſste das Gemisch in Formen und zerschlug die gepreſste Masse in Stücke, die man im Schmelztiegel zu Gufsstahl verschmolz. Hierbei sollten die Unreinigkeiten in eine dünnflüssige Schlacke übergehen, die auf dem Stahl schwamm und leicht abgezogen werden konnte.

Chenots Prozefs, in der Theorie sehr einleuchtend, hatte in der Praxis wenig Erfolg. Er erforderte so reine Erze, wie sie kaum irgendwo dauernd zu beschaffen waren; das erhaltene Produkt war ungleich, unrein und unzuverlässig und die Kosten waren zu grofs. Tunner hatte dies alles von Anfang an richtig erkannt und vorausgesagt. Aber die scheinbare Einfachheit des Verfahrens, das Bedürfnis nach einem billigen Gufsstahl und die grofsartige Reklame verblendete viele, so dafs Chenots Prozefs der Stahlbereitung das gröfste Aufsehen und die gröfsten Erwartungen während der 50er Jahre erregte.

Chenots Stahlprozefs regte aber mancherlei Verbesserungen und ähnliche Erfindungen an. A. E. L. Bellford nahm im April 1854 in

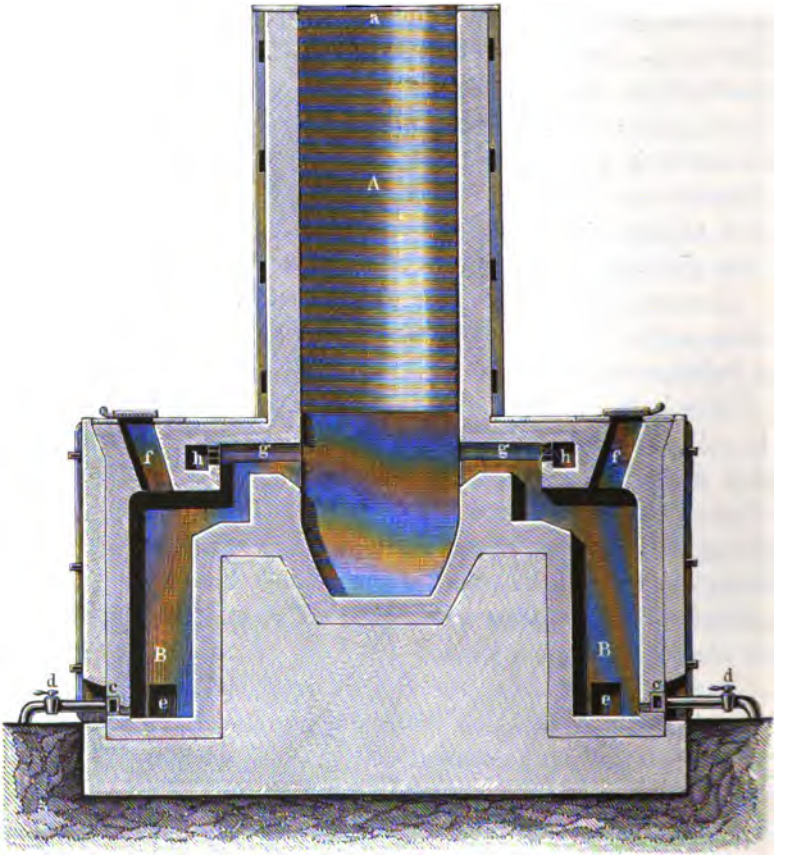
---

[1]) Vergl. Wedding, Eisenhüttenkunde, Bd. 1, S. 584.

Digitized by Google

England ein Patent auf die Herstellung von Gufsstahl aus Eisenschwamm, den er durch Glühen einer Mischung von Erz und Holzkohle in cylindrischen Gefäfsen darstellen wollte. Bemerkenswerter war das von A. Gurlt[1]) angegebene Verfahren. Dieser ging von der theoretischen Betrachtung aus, dafs die Erze im Hochofen erst reduziert, dann gekohlt und zuletzt zu Roheisen verschmolzen werden. Diesem mufs durch die Frischprozesse wieder Kohlenstoff entzogen werden, um es

Fig. 310.



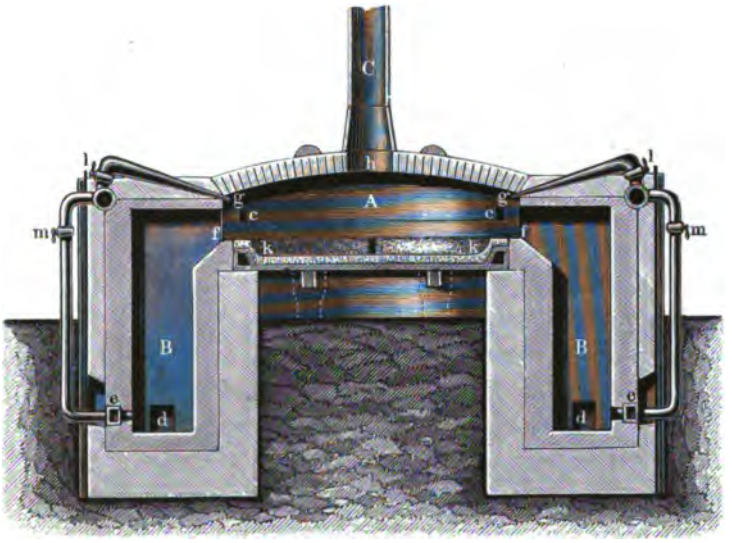
in Stahl und Stabeisen überzuführen. Das reduzierte Eisen im Hochofen durchläuft aber bei der Kohlung alle Stadien von weichem Eisen bis zum Roheisen. Würde man also den Hochofenprozefs im richtigen Augenblicke unterbrechen oder ihn nur soweit führen, dafs der gewünschte Kohlungszustand erreicht ist, so liefse sich das reduzierte

[1]) Die Roheisenerzeugung mit Gas oder die Verhüttung der Eisenerze mit indirekter Benutzung des Brennmaterials. Freiberg 1857.

Digitized by Google

und mehr oder weniger gekohlte Erz ohne Schmelzung zu Stahl oder Schmiedeeisen schweifsen oder zu Roheisen verschmelzen. Diese verschiedenen Vorgänge im Hochofen wollte Gurlt trennen, indem er die Reduktion der Erze und die Kohlung in einem geneigten Schachtofen bewerkstelligte, die Schweifsung oder Schmelzung des gekohlten Eisens aber in einem Flammofen vornahm. Zu beiden Prozessen bediente er sich der Generatorgase. Gurlts Reduktionsofen, Fig. 310, erinnert in der Form an den Hochofen, welchen Graf Sternberg 60 Jahre früher angegeben hatte. Gleichzeitig ist er aber eng verwandt mit Chenots Gasofen. Auch hier lagen seitliche Feuerungen in einer gewissen Höhe über der Gicht und der Schacht war nach unten verlängert,

Fig. 311.



um die Masse der Einwirkung der Flamme zu entziehen und sie abzukühlen. Gurlts Gasflammofen ist in Fig. 311 abgebildet. Die Versuche, welche Gurlt auf der Rheinbacher Hütte, zwei Meilen von Bonn, anstellte, mifslangen aber vollständig. Sowohl die dichten Roteisensteine als die sandigen und thonigen Brauneisensteine, welche Gurlt verwendete, wurden nur unvollkommen im Reduktionsofen reduziert und verschlackten sich in dem Flammofen vollständig. Es trat sowohl beim Ausziehen der Masse aus dem Schachtofen als beim Einschmelzen im Flammofen eine Verbrennung des reduzierten Eisenschwammes ein. Besser gelang der Prozefs später in Spanien mit sehr reichen Erzen. Eine Bedeutung hat er aber auch hier nicht erlangt.

Digitized by Google

Die Versuche, billigen und guten Stahl durch eine verbesserte Rennarbeit zu erhalten, hatten keinen Erfolg.

Samuel Lucas erhielt am 7. August 1854 ein Patent (Nr. 1730) auf ein Verfahren, Stabeisen in Stahl dadurch zu verwandeln, dafs er es in Cementierkisten in einem Pulver von Eisenerz, Braunstein und Holzkohle glühte. Nach Beendigung des Prozesses sollte sowohl das Stabeisen als das Erz in Stahl verwandelt sein. Diesen Vorschlag hatte bekanntlich schon Reaumur gemacht.

Einen anderen Weg, der dem vorher beschriebenen insofern nahe kommt, als dabei auch Eisenerz mit in Anwendung kam, schlug Franz Uchatius ein, welcher durch Zusammenschmelzen von Roheisen und oxydischem Eisenerz Gufsstahl darstellte. Den so bereiteten Stahl nannte Wedding später Erzstahl, damals bezeichnete man ihn als Uchatiusstahl. Das Verfahren war nicht neu. John Wood hatte bereits 1761 in England ein Patent auf ein Verfahren, welches mit dem von Uchatius vorgeschlagenen grofse Ähnlichkeit hat, genommen. Ende des 18. Jahrhunderts war es Clouet gelungen, auf diese Weise Stahl zu erzeugen. Später hatte Muchet in England ein Patent auf Stahlerzeugung durch Zusammenschmelzen von altem Eisen mit Erz oder Hammerschlag erhalten. William Onions nahm am 7. Februar 1851 ein Patent, Stahl und Eisen mit gepulvertem Hämatit zusammenzuschmelzen, um Gufsstahl zu erhalten. Uchatius trat 1854 mit seinem Verfahren, welches darin bestand, granuliertes Roheisen mit geröstetem Spateisenstein im Tiegel zu schmelzen, hervor und erwarb am 1. Oktober 1855 in England und am 13. November 1855 in Frankreich Patente. Der Patentanspruch erstreckte sich auf die Verwandlung von Roheisen in Stahl, durch Einwirkung von Sauerstoff, Hitze und Flufsmittel auf das granulierte Metall, wodurch Gufsstahl von bestimmter Qualität bei einmaligem Schmelzen entstehen und Kohlenersparnis erzielt werden sollte. Es wird reinstes Roheisen geschmolzen in kaltes Wasser laufen gelassen und dadurch granuliert. Eine Mischung des granulierten Metalles mit etwa 20 Proz. geröstetem Spateisenstein und 4 Proz. Thon (fire clay) wird in Tiegeln in einem Gufsstahlofen erhitzt. Hierdurch tritt durch die Einwirkung des Oxyds eine teilweise Entkohlung des Roheisens ein und zwar in dem umgekehrten Verhältnis der Dicke der Granalien. Die Unreinigkeiten verschlacken sich und die Menge des schmelzenden Stahles wird vermehrt durch das aus dem Erze reduzierte Eisen, welche Zunahme etwa 6 Proz. beträgt. Durch Zusatz kleiner Mengen von gutem Schmiedeeisen erhält man weichen Schweifsstahl, durch Zusatz von Holzkohle

Digitized by Google

harten Stahl. Zur Entkohlung können auch andere Oxyde verwendet werden.

Uchatius wendete dann auch in der Folge, was in der Patentbeschreibung nicht angegeben war, stets einen Zusatz von Braunstein nach folgenden Normalbeschickungen an[1]):

	für harten,	halbharten,	weichen Stahl	
Granuliertes Roheisen . . .	1,000	1,000	1,000	Gewichtsteile
Spateisensteinpulver	0,250	0,250	0,250	„
Braunstein	0,015	0,015	0,015	„
Schmiedeeisen	—	0,125	0,200	„

Die Schmelzung geschah anfänglich im Thontiegel, später aber, da diese rasch zerstört wurden, im Graphittiegel. Ein Tiegel, der die gebräuchliche Form der Gufsstahltiegel hatte, faſste 40 bis 50 kg. Versuche zu Ebbw-Vale, die Schmelzung in grofsen Gefäfsen, die mehrere Tonnen halten sollten, auszuführen, hatten keinen Erfolg. Die Schmelzung dauerte $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Stunden; der Koksverbrauch betrug das 2,3- bis 3fache des eingesetzten Roheisens.

Durch die grofse Weltausstellung in Paris von 1855 wurde zuerst die Aufmerksamkeit auf den Uchatiusstahl gelenkt, der in England, Frankreich und Schweden gröfsere Beachtung fand als in Deutschland. Hierzu trug viel der gewandte Vertreter von Uchatius, Karl Lenz, bei, welcher in geschickter Weise für die Erfindung Reklame zu machen verstand. Er veranlafste zuerst Rennie & Söhne auf den Albion Engine Works bei London und Turton in Sheffield, Versuche damit anzustellen, die sehr günstig ausfielen, und in Frankreich gelang es ihm, die kaiserliche Regierung für die Sache zu interessieren. Es wurde eine besondere Kommission, bestehend aus den General-Bergwerksinspektoren Combes, Lavallois und Thirria, zur Prüfung derselben ernannt, welche einen sehr günstigen Bericht erstattete, worin sie namentlich auf die Billigkeit des Verfahrens hinwies. Sie gab an, dafs sich die Tonne Uchatiusstahl für 400 Franken herstellen liefse, während ordinärer Gufsstahl 1000 Franken koste.

Auf Grund der günstigen Versuche in England kaufte im Jahre 1856 die Ebbw-Vale-Iron-Company, damals die mächtigste Eisengesellschaft der Welt, welche 24 Hochöfen auf sieben Eisenwerken besafs und wöchentlich allein 1400 Tonnen Eisenbahnschienen produzierte, das Patent. Es war ihr gelungen, ein brauchbares Koksroheisen aus Cumberländer

[1]) Annales des mines 1856, Nr. 29 u. 30. Dinglers polyt. Journ., Bd. 142, S. 34.

Digitized by Google

Roheisenstein zu erblasen, während man bis dahin nur Holzkohlenroheisen verwendet hatte. Zu diesem Zwecke hatte die Gesellschaft eigens das Hüttenwerk Pontypool gekauft und beabsichtigte daselbst die Fabrikation des Uchatiusstahles in grofsartigem Mafsstabe zu betreiben. Man plante eine Ofenanlage von 1000 Stahlschmelzöfen zu zwei Tiegeln, doch wurden von denselben nur 200 fertiggestellt. Auf 950 kg Roheisen verbrauchte man 200 kg Erzpulver und zum Schmelzen 3000 kg Koks. Jede Schmelze von 10 bis 12 kg Roheisen Einsatz dauerte 105 Minuten. Die Ebbw-Vale-Gesellschaft verwendete den Uchatiusstahl ausschliefslich für Eisenbahnmaterial, namentlich für Schienen. Sie verkaufte die Licenz der Benutzung des Verfahrens für andere Zwecke. Spencer & Son in Sheffield erwarben eine solche für 5000 £. Krupp in Essen machte alsbald bei Spencer eine Probebestellung auf Qualitätsstahl nach dem neuen Verfahren.

In Frankreich verkaufte Lenz für Uchatius das Patent an Mancel de Valdauer, der eine Société Uchatius gründete. Diese errichtete eine Versuchsschmelze auf dem Eisenwerke von Huin & Corlassen zu Precy bei Paris, welche im Mai 1857 in Betrieb kam. Der Hauptzweck der Gesellschaft war aber, Konzessionen zu verkaufen. Sie verlangte für das Recht der Benutzung des Verfahrens 50 000 Franken sofort und 50 bis 100 Franken Tantième für jede Tonne Stahl. Diese hohen Abgaben standen der Ausbreitung des Verfahrens sehr im Wege. Später wurde zu Seurin die Uchatiusstahl-Fabrikation mit algerischem, aus Roteisenstein erblasenem Roheisen eingeführt.

In Spanien erwarb Rumaldo de Avellano und ein Teilhaber der Eisenwerksgesellschaft Bilbao in Biscaya das Privilegium.

Auch in Österreich bildete sich 1857 eine Gesellschaft von Engländern und Österreichern, die bei Wien ein grofses Werk für 40 000 bis 60 000 Ctr. Uchatiusstahl-Erzeugung anlegen wollten. Ebenso beabsichtigte man 1857, das Uchatiusverfahren in Kladno einzuführen. In Österreich verwendete man weifses steierisches Holzkohleneisen zu der Fabrikation.

Am besten bewährte sich aber schwedisches, aus reinem Magneteisenstein erblasenes Roheisen hierfür und wurde zu Hedemora und Wikmanshyttan aus einem sehr reinen und siliciumarmen Roheisen ein sehr guter Erzstahl nach diesem Verfahren dargestellt.

Im ganzen erfüllten sich aber die grofsen Hoffnungen, die man auf den Uchatiusprozefs gesetzt hatte, nicht. Was Tunner schon 1855 über denselben gesagt hatte, bewahrheitete sich. An den meisten

Digitized by Google

Orten hatte der Prozefs keinen günstigen Erfolg, weil die Grundstoffe, aus denen das Produkt gebildet wurde, zu wechselnd waren. Ein Phosphorgehalt des Roheisens, sowie Schwefel und Silicium gingen gröfstenteils in den Stahl über. Nur das reinste Roheisen war deshalb verwendbar. Der Anwendung als Massengufsstahl, besonders für Eisenbahnmaterial und Maschinenfabrikation, wofür er hauptsächlich angepriesen wurde, standen die Gestehungskosten im Wege, welche durch den Verbrauch von Schmelztiegeln und die grofsen Schmelzkosten zu hoch wurden.

Die Fabrikation des Erzstahles nach dem Verfahren von Uchatius ist deshalb eine beschränkte geblieben.

Das Verfahren der Gufsstahlbereitung, welches Oberstleutnant Obuchow 1859 auf Slatoustowskischen Hütten einführte, weicht nur insofern von dem Verfahren von Uchatius ab, als er seiner Mischung noch arsenige Säure zur Beförderung der Oxydation beifügte. Nach Wysokys Mitteilung machte Obuchow auf zweierlei Arten Stahl: 1. durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Stahl- und Eisenabfällen, Magneteisenstein, schwarzem Schlich, Arsenik, Salpeter und Thon; 2. durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Magneteisenstein und Arsenik ohne andere Beimengungen.

Obuchows Stahl wurde für Gewehrläufe verwendet und Versuche damit in St. Petersburg fielen sehr günstig aus.

Man setzte die gröfsten Erwartungen auf dies Verfahren und verglich den Obuchowstahl mit Krupps Gufsstahl.

In einem Berichte von 1861 heifst es, die Zeit werde kommen, wo Obuchows Stahl gröfseren Absatz im Auslande finden werde, als schwedisches und russisches Stabeisen.

Wie Reaumur schon auf die Erzstahlbereitung hingewiesen hatte, so hatte er auch das Glühfrischen, als ein beachtenswertes Verfahren der Stahlbereitung, geschildert. Diese Methode kam ebenfalls in den 50er Jahren zur Anwendung.

Tunner hatte in seinem „wohlunterrichteten Hammermeister“ 1846 auf das Glühfrischen aufmerksam gemacht.

Bremme versuchte dasselbe 1849 in Westfalen und Ewald Riepe erhielt am 29. Januar 1850 ein englisches Patent auf dieses Verfahren. Es sollte so ausgeführt werden, dafs man entweder Stäbe von Gufseisen mit Thon umkleidet in einem Flammofen lose aufschichtete und ein bis drei Tage lang der Rotglut aussetzte, oder dafs man Stäbe aus Gufseisen in einen Cylinder über einer Feuerung einsetzte. Durch diesen Cylinder leitete man während des Glühens einen Luftstrom durch.

Digitized by Google

Zu Haspe hatte man Rohstahlstäbe nach dem ersten Verfahren mit einem Überzuge von Thon geglüht, ohne besondere Resultate zu erzielen. F. Lohmann in Witten hatte 1851 in London „adduzierten Stahl“ ausgestellt. Weber in Glattbach und Bilfinger zu Friedrichsthal in Württemberg machten 1850 Versuche, schmiedbares Eisen durch einen Glühprozefs aus Roheisen darzustellen.

Zu industrieller Bedeutung gelangte aber das Glühstahlfrischen erst 1855 durch Tunner[1]), der dieses Verfahren zu Eibiswald und Leoben durchprobierte und zu dem Schlusse kam, dafs die einfache Entkohlung des Gufseisens durch Luft am zweckmäfsigsten sei. Er beschränkte den Luftzutritt durch Einpacken der Gufsstäbe in groben Quarzsand. Die Stäbe waren aus weifsem, aus Spateisenstein erblasenem Roheisen gegossen und 7 bis 9 Linien dick. Das Glühen geschah in Thonkisten, welche etwa 5000 kg fafsten, in Stahlcementieröfen und dauerte 15 bis 35 Tage.

Die chemische Veränderung, welche das Roheisen durch den Glühprozefs erleidet, wird durch die folgenden zwei Analysen von Gottlieb in Gratz illustriert[2]):

	im Roheisen	im Gufsstahl
Eisen }	95,65	98,442
Mangan }		0,447
Kohlenstoff	3,34	0,855
Silicium	1,01	0,256

Das Verfahren war sehr billig, man hatte 3 Proz. Abgang und 10 Proz. Ausschufs. Das Produkt war aber sehr ungleich und direkt kaum zu verwenden. Zum Umschmelzen zu Gufsstahl dagegen war es geeignet. Doch hat auch dieses Verfahren, welches ein aufserordentlich reines Roheisen voraussetzt, weil alle Verunreinigungen in den Stahl übergehen, keine Verbreitung gefunden.

Die Entkohlung des Roheisens durch Oxyde in der Weise der Darstellung des schmiedbaren Gusses liefs sich 1852 Jullien patentieren[3]). Er verwendete auf der Hütte zu Montataire aus grauem Roheisen in Sand oder erwärmten Eisenformen stehend gegossene Stäbe und glühte dieselben in Eisenoxyd oder Zinkoxyd und zwar hatten sich Hammerschlag oder Galmei dafür am besten bewährt. Die entkohlten Stäbe wurden direkt ausgereckt und dann durch Cementation wieder höher gekohlt.

---

[1]) Siehe Tunners Jahrbuch, Bd. 6, S. 99.
[2]) Siehe Österr. Jahrbuch, Bd. 6, S. 105.
[3]) Siehe Armengaud, Génie industriel, Decbr. 1852, p. 299.

Digitized by Google

Professor A. K. Eaton in Nordamerika fand in der Kohlensäure ein wirksames Entkohlungsmittel des Roheisens. Er beschickte eine Retorte am Boden mit Kalkstücken und darüber mit Gufseisenstücken und erhitzte. Das entweichende Gas war brennbar. Hörte es auf, sich zu entzünden, so war die Entkohlung beendet und das Roheisen war in Stahl verwandelt.

Für die Massenstahlbereitung war in den 50er Jahren das Stahlpuddeln das wichtigste Verfahren, welches von Westfalen aus rasche Verbreitung fand. Im Ruhrgebiete erblühte die Puddelstahlfabrikation besonders zu Hörde und Haspe. Die Produktion des Hörder Eisenwerkes war seit 1850 von Jahr zu Jahr gewachsen; 1855 erzeugte es 60000 Ctr. Blech, 80000 Ctr. diverses Stabeisen, 430000 Ctr. Eisenbahnschienen, Räder und Achsen und 30000 Ctr. Puddelstahl. Hörde hat zuerst Radreifen (tyres) aus Puddelstahl hergestellt. Ferner kamen Eisenbahnschienen mit Puddelstahlkopf in Aufnahme. Sehr wichtig war auch die Verwendung des Puddelstahles zur Bereitung von Stahlblech. In Haspe gingen um 1855 fünf Puddelöfen beständig auf Stahl.

H. Fehland, der 1850 bei Falkenroth & Komp. in Haspe angestellt war, erwarb sich grofse Verdienste um die Einführung des Puddelstahlprozesses. Er stellte 1851 auf dem v. Sefslerschen Werke zu Krieglach den ersten Puddelstahl nach Bremmes Methode in Österreich dar.

H. Fehland hatte die Puddelstahlfabrikation für die Firma Lohage, Bremme & Komp. im Jahre 1851 in Lowmoor in England, in St. Maurice bei Paris eingeführt, 1853 setzte derselbe auch ein kleines Stahlwerk in Hagen in Betrieb, aus dem sich später die Stahlwerke Asbeck, Osthaus, Eicken & Komp. entwickelten. Trotz dieser Erfolge kamen die Erfinder Lohage und Bremme auf keinen grünen Zweig, woran der ungezügelte Erfindungsdrang Lohages, der sich auf alle Gebiete warf, schuld war[1]).

Der Puddelstahl stellte sich in Westfalen 30 bis 37 Proz. billiger als roher Schmelzstahl, den er in Westfalen vielfach ersetzte. Seine Hauptverwendung war aber für grobe Waren, wie Achsen, Kurbeln, Spurkranzreifen und dergleichen; zu Schneidewaren, Klingen, Feilen u. s. w. wurde er dagegen nicht verarbeitet. Man hatte es bei dieser Fabrikation weit mehr in der Hand, harte und weiche Sorten zu machen, als bei dem Herdfrischen. Man puddelte Mittelsorten zwischen Stahl und Eisen, körniges Eisen für Weifsblech,

[1]) Siehe Stahl und Eisen 1886, S. 224.

Digitized by Google

Draht, Gewehrläufe u. s. w. Sehr wichtig war die Einführung des Puddelstahlprozesses für das Siegerland. 1851 begann man auf der Staatshütte zu Lohe bei Müsen Stahl zu puddeln. Der hier erzeugte Puddelstahl erwies sich als ein vortreffliches Rohmaterial für den Gufsstahl, wofür es von der Firma Friedrich Krupp in ausgedehntestem Mafse verwendet wurde. Ebenso wurde zu Geisweid bei Siegen das Stahlpuddeln mit Erfolg eingeführt und der gewonnene Stahl vornehmlich zu Blechen verarbeitet.

In England hatte E. Riepe am 29. Januar ein Patent für das Stahlpuddeln erworben. Er konnte es aber, nach W. Clays Mitteilung, nur wenig ausnutzen, weil er sehr kränklich und nicht im stande war, sich zwei Tage hintereinander mit demselben Gegenstande zu beschäftigen. Das Eisenwerk Lowmoor hatte, wie bereits erwähnt, sein Patent gekauft und machte auch Puddelstahl, verarbeitete denselben aber nicht weiter, sondern verkaufte ihn an Gufsstahlfabrikanten. Naylor, Vickers & Komp. zu Sheffield benutzten denselben für ihre Gufsstahlglocken. Durchschlagenden Erfolg hatten die Mersey-Stahlwerke bei Liverpool mit der Puddelstahlfabrikation nach Riepes Patent, wofür dem Direktor der Werke, William Clay, das gröfste Verdienst gebührt. Nach Clays eigenen Angaben gelang es ihm gleich nach den ersten Versuchen, sehr guten Puddelstahl zu erhalten. Durch Paketieren und Gärben erzielte er ein ausgezeichnet festes Produkt, das nach den angestellten Proben angeblich sogar den Kruppschen Gufsstahl übertraf. W. Clay empfahl die Anwendung dieses Materials für Schmiedestücke und Geschützrohre statt des spröderen Gufsstahles.

Riepe legte bei seinem Verfahren grofsen Wert darauf, dafs dasselbe bei niedriger Temperatur erzeugt wurde. Das Einschmelzen sollte bei Rotglut stattfinden; sobald dasselbe begann, schlofs er schon teilweise den Dämpfer. Während des eigentlichen Puddelns, das unter einer starken Schlackendecke geschah, sollte die Temperatur nicht über Kirschrotglut, entsprechend der Schweifshitze des Gärbstahles, sein und vor Beginn des Rührens wurde der Dämpfer zu $^3/_4$ geschlossen[1]).

G. Bremme, der früher mit Riepe gemeinschaftlich gearbeitet, sich dann aber mit diesem überworfen hatte, führte im Gegensatz hierzu den Puddelprozefs bei möglichst hoher Hitze und dämpfte dieselbe erst am Schlusse des Kochens. Auf dieses Verfahren nahm W. W. Collins im März 1852 ein Patent (Nr. 14033). Bremme

[1]) Siehe Wedding, Bd. 3, S. 220.

Digitized by Google

erwarb am 31. Januar 1854 durch A. R. Brooman gleichfalls ein Patent (Nr. 243) für England, das aber verkauft wurde. Es dauerte nicht lange, so erhob sich ein heftiger Patentstreit zwischen den Besitzern des Riepeschen und des Bremmeschen Patentes[1]).

Broomans Patentbeschreibung beginnt folgendermafsen: „Wenn man Stahl im Puddelofen bei Kirschrotglut bereiten will, so scheidet sich der Kiesel nicht genügend von dem Metall, weil die Schlacke nicht flüssig genug wird, um unter dem Hammer ausgetrieben zu werden. Um dies zu erreichen, mufs man Gelbglut, besser noch Weifsglut anwenden.“ Nach dieser Methode arbeiteten Thomas Firth & Söhne zu Sheffield sehr bald mit Erfolg in grofsem Mafsstabe und auch zu Ebbw-Vale puddelte man heifs. Um zu beweisen, dafs Bremmes Patent identisch sei mit dem von Riepe, behauptete der schlaue Anwalt, der eine habe die Farbe der Glut im Sonnenlichte, der andere im Dunkel gemeint!

Eine verbesserte Einrichtung der Stahlpuddelöfen liefs sich J. Spence patentieren (22. September 1858).

In Belgien nahm Seraing erst nach der Erfindung des Puddelstahles (1850) die Stahlfabrikation in umfangreicher Weise auf. Tunner berichtet, dafs 1851 zu Seraing und Sclessin die Tyres mit Puddelstahl belegt wurden. Sclessin hatte 1855 auf der Weltausstellung in Paris im Puddelofen erzeugtes körniges Gewehreisen, Puddelstahl und Tyres mit Puddelstahlbahnen ausgestellt.

In Frankreich war zwar bereits 1845 und 1846 von Morel, Petin & Gaudet die Puddelstahlbereitung versucht worden, aber ohne Erfolg. Der Einführung des Stahlpuddelns auf dem Eisenwerke in St. Maurice-Charenton (Gebr. Doë & Komp.) haben wir oben bereits Erwähnung gethan. Erst 1854 und 1855 wurde diese Fabrikation von deutschen Arbeitern auf den Loirehütten eingeführt[2]). Von J. Holzer zu Unieux wurde sie 1855 ganz wie in Preufsen betrieben.

In Österreich, wo die Frischstahlfabrikation ihre klassische Heimat hatte, schenkte man der Puddelstahlbereitung zunächst nur geringe Aufmerksamkeit; man sah in derselben nur eine unangenehme Konkurrenz für den heimischen Betrieb. Peter Tunner erkannte aber von Anfang an ihre Wichtigkeit auch für die österreichischen Alpenländer, deren Roheisen sich vorzüglich dafür eignete und war besonders seit

[1]) Siehe Berg- und hüttenm. Ztg. 1865, S. 97.

[2]) Siehe Tunners Jahrbuch 1853, S. 281.

Digitized by Google

seinem Besuche der Londoner Ausstellung und der westfälischen Stahlpuddelwerke im Jahre 1851 eifrig bemüht, durch Versuche und Belehrung für die Einführung des Prozesses zu wirken[1]). Er stellte solche zu Eibiswald in einem Gaspuddelofen an und erzeugte Puddelstahl zu Neuberg, der zu Tyres ausgewalzt wurde.

Seit 1852 wurden auf der v. Friedauschen Hütte zu Mautern Probefrischen im Flammofen gemacht und in Kärnten bemühte sich Schelifsnig um die Einführung des Verfahrens auf den v. Eggerschen Werken.

Tunner regte ferner Versuche zu Wittkowitz in Mähren an. Man bediente sich hierbei vielfach des Zusatzes von Schafhäutlschem Pulver. Trotz aller dieser Bemühungen hatte Tunner in den ersten Jahren mit der Einführung des Puddelprozesses keinen Erfolg. 1852/53 wurden zu Leoben eigentümliche Versuche mit dem Stahlpuddeln gemacht. Man betrieb zwei Puddelöfen zusammen in der Weise, dafs das Eisen in dem einen dünnflüssig eingeschmolzen wurde, wenn in dem anderen Luppen gemacht wurden. Diese Luppen wurden dann in das flüssige Eisenbad des anderen gebracht, wo sie durch Cementation in Stahl verwandelt werden sollten. Der Erfolg dieser Versuche war aber ein ungünstiger.

Nach der Münchener Ausstellung von 1854 wies Tunner von neuem mit Nachdruck auf die wachsende Bedeutung der Puddelstahlfabrikation und auf die Verwendung des Puddelstahles für Bleche, für Beschläge, Galanteriewaren, Achsen, Kurbeln und besonders für Tyres hin. Die Pariser Industrieausstellung von 1855 gab neue Anregung. Auf Tunners Betreiben wurde in diesem Jahre die Puddelstahlbereitung zu Eibiswald und Neuberg eingeführt. Man verarbeitete an letzterem Orte luckigen Flofs unter Zusatz von Schafhäutlschem Pulver und verwendete den Stahl zu Tyres. Der erzeugte Stahl bewährte sich auch vorzüglich für die Fabrikation der Sensen. Er liefs sich sehr gut schweifsen und gärben. Dieser Gärbstahl wurde von den Stahlwarenfabrikanten der Stadt Steyr benutzt.

In technischer Hinsicht ist zu erwähnen, dafs die Puddelöfen für Stahl kleiner waren als die für Eisen; ihr Herd lag tiefer und mufste gut gekühlt sein, ferner verlangten dieselben eine gut schliefsende Esse. Die Chargen waren kleiner, die Chargendauer kürzer. Der Herdboden wurde sehr angegriffen, wodurch häufige Reparaturen nötig waren, welche die Fabrikationskosten erhöhten. Es war not-

[1]) Siehe Annales des mines, 5. Serie, t. 15, p. 104 u. 296.

Digitized by Google

wendig, dafs der Prozefs sehr gleichmäfsig verlief und die Stahlluppen rasch aus dem Ofen entfernt wurden [1]). Der Prozefs erforderte ein reichliches Schlackenbad, weshalb Schlacken zugeschlagen werden mufsten; reine Schweifsofenschlacken waren hierfür am besten.

Clay und Benzon nahmen 1858 ein Patent darauf, das Roheisen gleich mit der entsprechenden Menge Hammerschlag oder Garschlacke einzuschmelzen, anstatt diese erst nach und nach zuzusetzen.

Zu Geisweid brachte man die gezängten Luppenstücke in den Puddelofen zurück.

Von den weiteren, während der 50er Jahre in Vorschlag gebrachten Verbesserungen beim Stahlpuddeln ist besonders die Anwendung der Siemensschen Regeneratorfeuerung hervorzuheben.

W. Siemens nahm am 11. Mai 1857 ein wichtiges Patent für die Anwendung hocherhitzter Luftströme zum Schmelzen und Raffinieren der Metalle und bei dem Puddelprozesse. Es geschah dies durch die Anwendung von zwei Regeneratoren nach der oben beschriebenen Konstruktion von Friedrich Siemens, welche zur Erhitzung der der Feuerung zugeführten Luft dienten und dadurch eine sehr erhöhte Schmelztemperatur bewirkten. Bei dem Puddelprozesse, für den diese Neuerung besonders in Anwendung kommen sollte, hat sie sich aber nicht bewährt, weil es nicht möglich war, die Temperatur entsprechend zu regulieren; dagegen fand sie mit Erfolg Anwendung bei den Schweifs- und Glühöfen.

In Fig. 273, S. 819, haben wir bereits die Einrichtung eines Schweifsofens mit Regeneratorfeuerung aus dem Jahre 1856 [2]) wiedergegeben. Ein nach diesem Princip eingerichteter Ofen kam 1857 in dem Werke von Marriotte & Atkinson zu Sheffield zum Wärmen von Stahl und Eisen in Betrieb und wurden gegen die gewöhnlichen Glühfeuer angeblich 79 Proz. Brennmaterial erspart. Zu Bolton wurde ein Puddelofen mit Regeneratorfeuerung erbaut.

Jean J. Fontaine liefs sich 1855 ein Verfahren patentieren, welches darin bestand, Chlorgas oder Chlorwasserstoffgas mit einem heifsen Luftstrome auf das geschmolzene Metall im Puddelofen zu leiten. Tessié du Motay und Fontaine vervollkommneten diesen Prozefs dadurch, dafs sie erst eine künstliche Schlacke aus kieselsaurer

---

[1]) Über das Stahlpuddeln zu Lohe siehe Preufs. Zeitschr. etc., Bd. 2, S. 161. Zu Geisweid siehe Tunners Jahrbuch, Bd. 4, 1855.

[2]) Siehe Civil Engineer and Architects Journal, August 1857, S. 265. Polyt. Journ., Bd. 146, S. 174. Technologiste, Oktober 1857. Dinglers polyt. Journ., Bd. 147, S. 273.

Digitized by Google

Thonerde, Alkalien und Metalloxyden einschmolzen, in diese dann das Roheisen einsetzten und puddelten, wobei ein Gemisch von Eisen- oder Manganoxyd mit den Chloriden von Kalium, Natrium, Calcium, Strontium oder Baryum zugesetzt wurde.

James Spence konstruierte einen Puddelofen mit zwei hintereinanderliegenden Rosten, um leichter nach Bedürfnis eine oxydierende oder eine reduzierende Flamme zu erzeugen. Die oxydierende Flamme wurde noch verstärkt durch ein in der Feuerbrücke liegendes Windrohr (Patent Nr. 2134 vom 22. September 1858). Zur Reinigung schlug er Salmiak oder Kochsalz vor.

Mushet empfahl den Zusatz von 1 bis 20 Proz. Titanerz zu dem geschmolzenen Eisen während des Puddelns (Patent Nr. 1150 vom 7. Mai 1859), um dadurch die Güte des Stahles zu verbessern; zu demselben Zwecke schlug er (am 3. Juni 1859) Spiegeleisen vor, welches entweder geschmolzen kurz vor dem Garwerden oder in fester Form mit dem Roheisen aufgegeben werden sollte.

Wenn auch das Stahlpuddeln sich bewährt hatte und mehr und mehr Anwendung fand, so gelang dasselbe doch nicht überall. Es erforderte ein sehr gutes Roheisen von besonderen Eigenschaften und sehr geschickte Arbeiter. Deshalb blieb der Prozefs auf einzelne Gegenden beschränkt.

Noch war das Problem einer billigen Massenstahlbereitung nicht gelöst und die Hoffnung und Erwartung auf ein zweckmäfsiges Verfahren hierfür hielt die Eisentechniker in Spannung.

Da hielt Henry Bessemer am 16. August 1856 in Cheltenham bei der Versammlung der British Association seinen berühmten Vortrag über einen neuen, von ihm erfundenen Stahlbereitungsprozefs, durch den geschmolzenes Roheisen durch Durchblasen von atmosphärischer Luft in flüssigen Stahl, ja sogar in flüssiges Stabeisen verwandelt werden könne ohne Anwendung von Brennmaterial[1]). Die Nachricht von dieser neuen Erfindung verbreitete sich wie ein Lauffeuer durch Europa. Obgleich die theoretische Möglichkeit jedem einleuchtete, begegnete sie doch dem gröfsten Mifstrauen und Unglauben. Es schien undenkbar, dafs ein so einfacher Prozefs so lange unbekannt geblieben sein sollte. Wie weit dies Mifstrauen begründet war, werden wir gleich zeigen.

Bessemers Erfindung zog die allgemeine Aufmerksamkeit auf

[1]) Die Litteratur über die Geschichte des Bessemerprozesses ist sehr umfangreich. Eine sehr ausführliche Darstellung gab J. S. Jeans in seinem Werke Steel: its history, manufacture, properties and uses. London 1880.

Digitized by Google

sich und ein Fachschriftsteller jener Zeit schreibt: „Seit langer Zeit hat im Eisenhüttengewerbe keine Erfindung soviel Aufsehen gemacht, als diese, über keine sind seit der Mitte des Jahres 1856 so viele verschiedene Ansichten bekannt geworden."

Henry Bessemer und seine Erfindung des Windfrischens (Bessemerprozefs).

Bessemer ist durch seine folgenreiche Erfindung einer der gröfsten Wohlthäter des Menschengeschlechts geworden. In diesem grofsen Genie verband sich erfinderischer Geist mit unbeugsamer Beharrlichkeit und geschäftsmännischem Blick. Henry Bessemer wurde am 19. Januar 1813 in Charlton, Hertfordshire, in England geboren. Sein Vater, wahrscheinlich holländischer Herkunft, der ein bewegtes Leben hinter sich hatte, besafs eine Schriftgiefserei, in welcher auch der Sohn seine ersten technischen Kenntnisse sammelte. 18 Jahre alt kam er nach London. Sein erfinderischer Geist beschäftigte sich mit den verschiedenartigsten Gegenständen. Sein erster Erfolg war die Erfindung einer Stempelmarkenpresse, welche die eingerissene Markenfälschung, die dem englischen Staate Verluste von Millionen von Mark beigebracht hatte, unmöglich machte. Da er aber versäumt hatte, seine Erfindung patentieren zu lassen, erwarb er keinen Nutzen, sondern nur Verdrufs davon. In der Folge sah er sich besser vor. Von den verschiedenartigen Erfindungen der nächsten Jahre schlug die einer echten Bronzefarbe für Maler und Bronzierer für ihn am günstigsten ein. Es gelang ihm, diese Farbe, wovon damals das Pfund für 120 Mark aus dem Auslande bezogen werden mufste, auf eine ganz einfache Weise so billig herzustellen, dafs er trotz des bedeutend herabgesetzten Verkaufspreises in den ersten Jahren 1000 £ und einige Jahre immer noch 300 £ zu verdienen vermochte. Hierdurch kam er zu Wohlstand und erwarb sich ein mäfsiges Vermögen, das ihm die Mittel zu seinen weiteren erfinderischen Versuchen gewährte. Diese waren sehr mannigfaltiger Art. Auf die Stahlfabrikation wurde seine Aufmerksamkeit erst nach Ausbruch des Krimkrieges 1854 gelenkt. Er erfand nämlich damals ein Geschütz, dessen Geschofs ohne Drall in drehende Bewegung versetzt werden sollte. Die englische Regierung verhielt sich ablehnend dagegen, während Napoleon III. sich dafür interessierte. Der Erfolg hing aber in erster Linie von einem zuverlässigen Material ab, besser als Gufseisen und billiger als Tiegelgufsstahl. Dies führte ihn zu den merkwürdigen Experimenten, aus der die segensreiche Er-

Digitized by Google

findung hervorging. Gerade weil ihm eisenhüttenmännische Fachkenntnisse fehlten, folgte er um so vertrauensvoller seinen originellen Ideen. Hierüber hat er sich später einmal folgendermafsen geäufsert: „Meine Erfahrungen bezüglich Erfindungen zeigen, dafs die intelligenten Fabrikanten viele kleine Verbesserungen in den verschiedenen Abteilungen ihrer Fabrikation erfinden, aber dieselben stellen im allgemeinen nur verhältnismäfsig geringe Fortschritte vor, welche ihrer Natur nach eng mit dem Verfahren verbunden sind, das sie täglich ausüben, während im Gegenteil die grofsen Erfindungen von Leuten gemacht sind, welche keine Fachkenntnisse der betreffenden Fabrikation besitzen.“ Thatsache ist, dafs die Eisenindustriellen gegen

Fig. 312.

Bessemers Erfindung sich anfänglich ablehnend verhielten. Bessemer besafs aber neben dem erfinderischen Geist und dem Enthusiasmus für seine Erfindungen auch die grofse Kraft, diese trotz aller Hindernisse technisch auszugestalten und geschäftlich zu verwerten. Seine bahnbrechende Neuerung führte eine Umwälzung in der Eisenindustrie herbei. Er ist dadurch der Begründer des modernen Eisenhüttenwesens geworden. Seine rastlose Thätigkeit und seine Schaffenskraft hat ihn bis in sein hohes Alter nicht verlassen und nicht nur Grofsbritannien, sondern der ganzen Welt grofsen Segen bereitet. Für seine Verdienste wurde er 1879 in den Adelstand erhoben. Als am 15. März 1898 Sir Henry Bessemer im 86. Lebensjahre die Augen schlofs[1]), schied mit ihm einer der gröfsten Förderer der Eisenindustrie und der ganzen Menschheit. Nebenstehende Abbildung zeigt ihn uns in seinem Alter.

[1]) Stahl und Eisen 1898, Nr. 7 vom 1. April.

Digitized by Google

Ehe Bessemer seinen Vortrag in Cheltenham hielt, war er in Fachkreisen kaum bekannt, obgleich er seit 1854 mehrere Patente genommen hatte. Auch war sein Hervortreten vor die grofse Öffentlichkeit nicht ganz freiwillig und eigentlich verfrüht. Er hat hierüber an P. Barthel im Jahre 1872 folgende Mitteilung gemacht[1]): Vor etwa 17 Jahren wurde meine Aufmerksamkeit auf Verbesserungen in der Eisenfabrikation gelenkt, um ein besseres Material für Waffen herzustellen[2]). Ich machte eine Reihe von Experimenten, die mich über 18 Monate beschäftigten; ich hatte indessen nur geringen Erfolg. Am Ende dieser Periode kam mir zum erstenmal die Idee, ob nicht Roheisen durch Einführung von Luft in die geschmolzene Masse schmiedbar gemacht werden könne. Indessen stellten sich der Ausführung dieses Gedankens viele Schwierigkeiten entgegen. Eine der hauptsächlichsten war die Erzeugung einer genügend hohen Temperatur, um das Roheisen längere Zeit in geschmolzenem Zustande zu erhalten; ich konnte anfangs diese Temperaturhöhe mit allen bekannten Mitteln nicht erreichen, bis ich auf experimentellem Wege fand, dafs die nötige Temperatur ohne weitere Anwendung von Brennmaterial einfach durch Einleiten atmosphärischer Luft erhalten werden konnte und zwar erhielt ich eine Temperatur, die viel höher war als ich nötig hatte. Nachdem ich mit meinem Teilhaber R. Longsdon sechs bis sieben Monate experimentiert und 3000 bis 4000 £ verlaboriert hatte, nachdem ich mich ferner $2^1/_2$ Jahre fast ausschliefslich mit meiner Idee, ohne besonders günstige Resultate zu erzielen, beschäftigt hatte, wünschte ich auch einmal die Ansicht eines kompetenten Mannes über meine Arbeiten zu hören und ich lud deshalb R. Rennie ein, meine Fabrik zu besichtigen. Er that dies sehr gern und gab mir den Rat, meine ganze Sache vor das Publikum zu bringen. Ich selbst hatte keine Hüttenwerke, sondern befafste mich mit der Herstellung von Bronze. „Was auch Ihre praktischen Schwierigkeiten sein mögen", sagte mir Rennie, „dieselben werden in dem Augenblicke überwunden werden, in dem Sie Ihre wundervolle Erfindung einem praktischen Hüttenmanne vorlegen. Wir haben in vier Tagen eine Versammlung der British Association, kommen Sie und teilen Sie der Gesellschaft Ihr Verfahren mit." Ich that dies und meine Mitteilungen erregten ein grofses Interesse. Das Resultat war, dafs mich eine Menge von Eisenindustriellen besuchten und mich fragten, was ich zu thun

[1]) Siehe deutsche Industriezeitung 1872, S. 315; R. Wagner, Jahresbericht der chemischen Technologie für 1872, S. 88.

[2]) Genaueres hierüber siehe J. S. Jeans, Steel, p. 43.

Digitized by Google

gedenke. Der Plan, den ich ihnen vorlegte, war folgender. Ich teilte ganz Groſsbritannien in fünf groſse Distrikte und sagte, ich wünsche mir in jedem Distrikt einen Hüttenwerksbesitzer, der ein solches Interesse für die erfolgreiche Ausführung meiner Erfindung hat, daſs er sich verpflichtet, nur in meinem Interesse, niemals gegen dasselbe zu handeln. Ich dagegen verpflichte mich, demjenigen Hüttenbesitzer, welcher meine Erfindung in einem der fünf Distrikte zuerst zur Ausführung bringt, meine Erfindung gegen Bezahlung einer Licenz zu überlassen, und zwar soll er mir die Licenz nur ein Jahr lang bezahlen, die übrigen 13 Jahre der Patentdauer sind abgabenfrei. War meine Erfindung durchführbar, so bot dieser Vorschlag den Hüttenwerksbesitzern groſse Vorteile; ebenso mir, dadurch, daſs die Kontrahenten an der Ausnutzung, Aufrechterhaltung und Verteidigung meiner Patente ein persönliches Interesse gewannen. Es fanden sich denn auch fünf Unternehmer[1]), die meine Vorschläge annahmen. Zwei davon zahlten mir jeder 10 000 £. Die sämtlichen Licenzen, welche ich binnen drei Wochen, nachdem ich meinen Vortrag in der genannten Gesellschaft gehalten hatte, baar bezahlt erhielt, brachten mir 26 500 £ ein. Sobald dies bekannt wurde, entstand ein groſser Federkrieg. Viele Leute bestritten die Möglichkeit, eine höhere Temperatur ohne Mehraufwand von Brennmaterial zu erhalten, vollständig. Es wurden auf vielen Eisenhütten Versuche nach meinem Verfahren, wie es in der Patentbeschreibung erklärt war, gemacht, aber alle Versuche fielen schlecht aus, so daſs die anfangs sehr groſsen Erwartungen einer sehr kühlen Nüchternheit Platz machten. Jeder behauptete, das Ding könne nicht gehen. Ich selbst fand auch praktische Schwierigkeiten; anstatt aber die vielen Einwürfe in der Presse zu beantworten, machte ich mich vielmehr daran, die Schwierigkeiten zu heben. Ich machte $2^1/_2$ Jahre lang Versuche in groſsem Maſsstabe, die mich 16 000 £ kosteten. Am Ende dieser Periode fand ich die Ursache der Schwierigkeiten und es gelang mir auch bald, Stahl nach meinem Verfahren zu machen, der in den Werkstätten Sheffields angewendet wurde und von den Leuten so gut wie der seitherige sehr teure Stahl befunden wurde. Ich brachte meine Erfindung in ihrem neuesten Stadium wieder vor das Publikum, allein die Ungläubigkeit war nur noch viel gröſser geworden. „Ach, das ist das Ding“, sagte man überall, „das vor drei Jahren so viel Lärm machte und sich als gänzlich verfehlt heraus-

[1]) Es waren dies die Gesellschaften von Dowlais und Butterley, John Brown in Sheffield, Dixon von Govan und die südwalessche Weiſsblechgesellschaft.

Digitized by Google

stellte.“ — Hätte ich nicht durch den Licenzverkauf das zur Errichtung einer Fabrik nötige Kapital erhalten, so wäre ich nicht im stande gewesen, die nötigen Experimente zu machen. Ich hatte zwar fünf mächtige Freunde erworben, von denen jeder einen jährlichen Vorteil von 10000 £ vor seinen Kollegen voraus hatte, wenn meine Sache ging, allein sie thaten nichts dafür, sie betrachteten meine Erfindung vielmehr, wie die Phrase damals lautete, als „ein Meteor, das durch die metallurgische Welt geflogen sei, das aber nichts als Funken hinter sich gelassen habe“. Niemand wollte mehr von meiner Erfindung etwas wissen und ich hatte unendliche Schwierigkeiten, um nur einen Industriellen von den Vorteilen meines Verfahrens zu überzeugen. Mit diesem, einem Herrn Galloway zu Sheffield, mufste Bessemer selbst eine Fabrik gründen. — So stand die Sache 1859.

Ehe wir Bessemers Bericht weiter verfolgen, wollen wir den technischen Verlauf seiner Versuche und Erfindungen näher betrachten. Er sagt darüber in seinem epochemachenden Vortrag zu Cheltenham am 16. August 1856[1]), er habe sich seit mehreren Jahren fast ausschliefslich mit Verbesserungen in der Fabrikation von Stabeisen und Stahl beschäftigt. Wiederholt habe er Öfen gebaut, davon grofse Mengen von Eisen ohne Erfolg behandelt und sie dann wieder abgerissen. Hierbei habe er aber zahlreiche Beobachtungen gemacht, welche ihn zu ganz neuen Anschauungen führten, namentlich zu der Erkenntnis, dafs man ohne Brennmaterial, durch bloſses Einblasen von Luft in das flüssige Eisen, eine weit gröfsere Hitze entwickeln könne als mit den bisherigen Mitteln, wodurch man nicht nur die Kosten des Brennmaterials spare, sondern auch dessen nachteiligen Einfluſs auf das Eisen vermeide. Bessemer machte anfänglich seine Versuche mit Eisenmengen von 10 bis 20 Pfund, die ihm, obgleich der Prozefs mit vielen Schwierigkeiten verbunden war, das Gelingen desselben nachwiesen. Es geschah dies in einem 40 Pfund fassenden Thontiegel (Fig. 313) in einem gewöhnlichen Windofen. Nachdem 10 bis 12 Pfund Roheisen eingeschmolzen waren, wurde eine Thonröhre eingeführt, um einen Windstrom in das geschmolzene Metall einzublasen. Er erhielt auf diese Weise wirklich Schmiedeeisen, von

Fig. 313.

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journal 1856, Bd. 141, S. 423.

Digitized by Google

dem sich noch eine Probe in der Sammlung des Iron and Steel Institute befindet. Es war im Juni 1855 im Arsenal zu Woolwich ausgewalzt worden. Bei diesem Verfahren wurde das Gefäfs noch von aufsen geheizt. Bei den späteren Apparaten fiel dies weg. Der zweite, den er entwarf, hatte bereits die Gestalt einer aufgehängten Retorte. Derselbe wurde patentiert, gelangte aber damals nicht zur Ausführung.

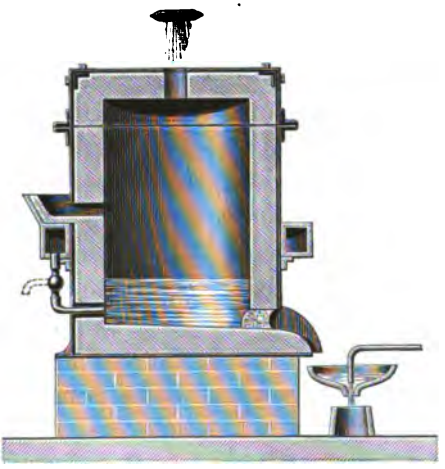
William D. Allen war H. Bessemers Gehülfe bei seinen ersten Versuchen und wurde später erster Direktor (chairman) der Firma Henry Bessemer & Komp. in Sheffield und Bessemers Schwager. Am 7. Mai 1890 konnte dieser ihm in der Versammlung des Iron and Steel Institute die Bessemermedaille überreichen. In seiner Dankrede teilte Allen mit, dafs der erste Bessemerconverter ein einfacher Thontiegel gewesen sei, der sich von einem gewöhnlichen Stahlschmelztiegel nur dadurch unterschied, dafs er einen gewölbten Deckel hatte, dessen Rand mit Löchern zum Gasabzug versehen war. Die Düse bestand aus einem Stück Gasrohr, das an einem Ende mit einem Rüssel, am anderen Ende mit einem elastischen Rohr verbunden war. In besagten Tiegel wurden 30 bis 40 Pfund Roheisen eingefüllt, der Rüssel wurde in die geschmolzene Masse eingeführt und durch die eingeblasene Luft das Roheisen in Stahl verwandelt. Die ersten Versuche mifslangen indes häufiger, als sie gelangen. In dem unvollkommenen Schmelzofen war es kaum möglich, das Roheisen in Fluís zu bringen. Das Eisen war nur zum Teil geschmolzen, als sie die Düse einführten und ihr Erstaunen war grofs, als nach kaum einer halben Minute Blasens die ganze Masse in einem schönen, flüssigen Zustande sich befand; sie bliesen dann noch sieben bis acht Minuten weiter und fanden darauf das ganze Bad weifsglühend vor. Mit diesem Versuche hatten sie festgestellt, dafs mit dem Einblasen der Luft die Temperatur des Bades erhöht worden, wodurch der Erfolg der Erfindung gesichert war. Hierauf konstruierte Bessemer einen gröfseren, feststehenden Apparat, worin er 7 Centner Roheisen im Verlauf einer halben Stunde in Stabeisen oder Stahl umwandeln konnte. Bei solchen Quantitäten verschwanden die Schwierigkeiten, die sich bei den kleinen Mengen im Laboratorium gezeigt hatten.

Die Wärmeentwickelung erklärte Bessemer aus der Verbrennung des Kohlenstoffs, wobei er irriger Weise annahm, dafs durchschnittlich 5 Proz. Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft verbrannt würden. Je gröfser die Oberfläche sei, die dem Sauerstoff dargeboten würde, je rascher verlaufe der Prozefs. Sein neuer Ofen (Fig. 314), den er auf seinem Versuchswerk in St. Pancraz im August 1856 auf-

Digitized by Google

stellte, bestand aus einem Blechcylinder, der oben und unten geschlossen und mit feuerfesten Stourbridge-Ziegeln von 114 mm Dicke ausgemauert war. Er hatte einen 3 Fuſs hohen Schacht, ähnlich einem Kupolofen, 2 Zoll über dem Boden befanden sich Formen von $^3/_8$ Zoll Weite; in diese trat der Wind durch sechs bewegliche Röhren aus dem ringförmigen, guſseisernen Windkasten, der den Ofen umgab, ein. Auf der einen Seite befand sich eine Öffnung zum Einleiten des flüssigen Eisens, auf der anderen Seite eine Abstichöffnung, die mit einem Lehmpfropf verschlossen war. Er empfahl später den Ofen so groſs zu machen, daſs er 20 bis 100 Ctr. Eisen aufnehmen könne. Der Gebläsewind müsse eine Pressung von 8 bis 10 Pfund auf den Quadratzoll haben. Der Ofen wurde erst gut vorgewärmt, alsdann der Wind angelassen, ehe man das Eisen einlaufen lieſs, damit dieses nicht in die Formen dringe. Alsbald begann ein heftiges Aufkochen mit starker Flamme und Funkensprühen. Dies dauerte 15 bis 20 Minuten. Hierbei wurde der ungebundene Kohlenstoff (Graphit) ganz, der gebundene teilweise zerstört. Die Schlackeneruption hielt 5 bis 6 Minuten lang an. Die durch die Verbrennung des Kohlenstoffs entwickelte Wärme erhöhte die Temperatur der Schmelzmasse so, daſs auch ein Teil des Eisens zu Oxyd verbrannte, welches schmolz und sich mit den Erden verschlackte. Doch betrug der Eisenverlust nach Bessemers Angabe nur 12 Proz., während er sich bei dem gebräuchlichen Verfahren auf 18 Proz. belaufe. An der hellen Flamme erkenne der Arbeiter das Ende des Prozesses, der bei 60 bis 100 Ctr. Roheiseneinsatz 30 bis 35 Minuten dauere. Am wunderlichsten sei die groſse Hitze, die durch das Hindurchblasen der Luft entstehe. Das entkohlte Metall sei durchaus gleichartig. Der Prozeſs eigne sich ganz besonders zur Darstellung groſser Massen von Stahl oder Stabeisen. Das Stabeisen zeige ganz dasselbe Verhalten wie der Guſsstahl, indem es sich wie dieses gieſsen lasse und ein gleichförmiges Produkt gäbe. Durch Unterbrechung des Prozesses könne man jede Art von Stahl erhalten.

Fig. 314.



Digitized by Google

Bessemer hatte in diesem Vortrage den Verlauf des Prozesses, wie er sich später entwickelt hat und wie wir ihn kennen, bereits richtig geschildert. Er hatte aber die Ausführung desselben, welche verblüffend einfach erschien, als viel zu leicht hingestellt. Das, was er in seinem Vortrage schilderte, war das, was ihm vorschwebte, keineswegs das, was er schon erreicht hatte. Wenn er auch damals schon so weit gekommen war, daſs er von der Ausführbarkeit des Prozesses überzeugt sein konnte, so hatte er den richtigen Weg für die Ausführung im groſsen doch noch nicht gefunden. Er war immer noch am Suchen und tappte noch vielfach in der Irre, wie aus seinen verschiedenartigen Vorschlägen und Versuchen in den folgenden Jahren hervorgeht. Dadurch, daſs er seine Erfindung aber als etwas Fertiges schilderte und die Ausführung als so leicht hinstellte, trug er selbst zu den zahlreichen und groſsen Enttäuschungen bei, welche die Versuche Vielen bereiteten und welche ihm die Gegnerschaft des gröſsten Teils der Eisenhüttenleute und die absprechenden, ungerechten Urteile über seinen Prozeſs von allen Seiten in den folgenden Jahren zuzogen. Es entwickelte sich dadurch, daſs die Versuche, die auf Bessemers Vortrag hin jeder machen zu können glaubte, den Erwartungen nicht entsprachen, eine förmliche Animosität gegen Bessemer in der Presse und seine eigenen Landsleute rissen ihn am meisten herunter und einige, wie namentlich David Hearne, der einflufsreiche Redakteur des Mining Journal in London, gingen so weit, Bessemer jede Originalität und jedes Verdienst an seiner Erfindung abzusprechen, welche nur eine Nachahmung des Verfahrens des Amerikaners Jos. Gilb. Martien von New Jersey sei. Diese Behauptung war ungerecht, unpatriotisch und absurd.

Henry Bessemers Erfindung war originell in höchstem Grade. Gerade ihre Originalität, ihre Neuheit erregte das groſse Aufsehen und rief eine allgemeine Aufregung in der technischen Welt hervor. Kein Mensch hatte vor Bessemer zu behaupten gewagt, daſs man Roheisen ohne Brennmaterial in Stahl und Schmiedeeisen verwandeln könne und daſs man durch bloſses Durchblasen von Luft durch Roheisen nicht nur dieses in Stahl und Stabeisen verwandeln, sondern auch eine Hitze erzeugen könne, daſs nicht nur Stahl, sondern auch Stabeisen flüssig wie Wasser bleibe. Eine originellere Erfindung ist kaum jemals gemacht worden und es war auch mehr eine Entdeckung, welche Bessemer machte, als eine Erfindung. Der technischen Welt erschien sie mit Recht als ein vollständiges Novum. Keine Erfindung, die auf bekannten Naturgesetzen beruht, tritt aber ganz unvermittelt

Digitized by Google

in die Erscheinung und es ist bei der grofsen Wichtigkeit derselben für die weitere Entwickelung der Eisenindustrie von geschichtlichem Interesse, die Spuren zu verfolgen, welche auf den rechten Weg führten. Es sind deren nur wenige. Man hat darauf hingewiesen, dafs der Schmied glühendes Eisen warm halten kann, wenn er es durch die Luft schwingt, und dafs die orientalischen Schwertschmiede diesen Kunstgriff bei der Herstellung ihrer berümten Klingen benutzten, aber, wenn diese Thatsache auch Bessemer bekannt gewesen wäre, was wenig wahrscheinlich ist, da er sich vordem nur mit Bronzegufs beschäftigt hatte, so konnte sie ihm doch noch nicht den Weg zu seinem Verfahren zeigen. Noch weniger läfst sich dies von dem Verfahren der chinesischen und japanischen Kesselflicker, welche ihr geschmolzenes Metall durch heftiges Blasen warm zu halten verstehen (Bd. I, S. 307), annehmen. Ebensowenig ist es aber auch richtig, dafs Bessemer seinen Prozefs dem Verfahren von Joseph Gilb. Martien, welches am 15. September in England patentiert wurde, entnommen hat, obgleich dies Hearne 1857 in gehässiger Weise behauptete, und welche Behauptung damals allgemeine Verbreitung und Glauben fand. Selbst Percy war von diesem Irrtum angesteckt und Martiens Patent wurde dadurch eine Wichtigkeit beigelegt und von einem Glorienschein umgeben, der ihm gar nicht zukommt.

Zwischen Martiens Patent vom 15. September 1855 und H. Bessemers Patent vom 17. Oktober 1855, in dem er sein Verfahren bereits mit vielen Einzelheiten beschreibt, liegt auch eine so kurze Zeit, dafs es gar nicht denkbar ist, dafs Bessemer erst durch Martiens Patent zu seinen Versuchen angeregt worden wäre und schon nach wenigen Wochen eine solche Summe praktischer Erfahrungen mit seinem Prozefs gemacht haben sollte, wie solche in seiner Patentbeschreibung vom 17. Oktober enthalten ist. Martiens Verfahren war aber auch durchaus verschieden von dem Bessémers. Es bezweckte nur ein Feinen des Eisens zur Vorbereitung für den Puddelprozefs auf eine billigere Art und zwar sollte dies dadurch erreicht werden, dafs man das flüssige Roheisen beim Abstich aus dem Hochofen durch einen gufseisernen Kanal mit doppeltem Boden, dessen obere Platte durchlöchert war und in den gepreſste Luft oder Dampf eingeführt wurde, fliefsen liefs. Die Luft- oder Dampfstrahlen sollten das flüssige Eisen durchdringen und seine Reinigung bewirken. Das so gereinigte Metall konnte man dann direkt dem Puddelofen zuführen. Nur eine Reinigung bezweckte Martien, an eine weitergehende Entkohlung dachte er gar nicht. Er schliefst aus seinem

Digitized by Google

Patent ausdrücklich die Zuleitung von Dampfstrahlen auf die Oberfläche des Eisens im Puddelofen oder die Einführung des Dampfes in das flüssige Eisen bei dem Puddelprozefs aus [1]), denn dies war James Nasmyths Patent vom 4. Mai 1854. Auf dieses wird also von Martien indirekt verwiesen. Nasmyths Verfahren hat vielleicht Martien die Anregung zu seinem Prozefs gegeben, möglicherweise auch Bessemer [2]). Letzterer hat also seine Gedanken nicht von Martien geborgt, sondern beide haben vielleicht aus derselben Quelle ihre Anregung erhalten. Martiens Patent hatte gar keine besondere Beachtung bei seiner Veröffentlichung in England gefunden. James Nasmyths Ruhm war aber 1854 bereits auf einer solchen Höhe, dafs alles, was von ihm ausging, der Beachtung aller gebildeten Techniker Englands gewürdigt wurde. Nasmyth setzte dabei auf sein Verfahren die gröfste Hoffnung und viele seiner Freunde teilten dieselbe. Es wurde in allen Fachkreisen besprochen und kann auch der Aufmerksamkeit Bessemers kaum entgangen sein. Bessemer begann seine Versuche um die Zeit, als Nasmyths Patent veröffentlicht wurde, wie aus seinen oben angeführten Zeitangaben hervorgeht.

Es ist auch richtig, dafs vereinzelte Beobachtungen, die auf Bessemers Erfindung hinwiesen, schon früher gemacht worden sind. Wedding erwähnt, dafs Eck auf Königshütte schon 10 Jahre zuvor durch Zufall beobachtet habe, dafs ein Windstrom, der unter dem flüssigen Roheisen in einem Puddelofen ausströmte, dieses in heftiges Kochen versetzte. Später hatte Parry, Direktor der Ebbw-Vale-Eisengesellschaft, welche Martiens Patent erworben hatte, den Versuch gemacht, die Operation statt in dem von Martien angegebenen Kanal in dem Puddelofen selbst auszuführen. Die Reaktion, welche dabei eintrat, war aber so heftig, dafs der Ofen Schaden litt und das Metall durchbrach, worauf man von einer Wiederholung des Versuchs abstand.

Auch Kelly in Kentucky (Nordamerika) soll sich schon 1851 mit Versuchen, flüssiges Eisen durch Einblasen von Luft zu entkohlen, beschäftigt haben. Alles waren aber nur Mifserfolge.

Heinrich Bessemer gebührt deshalb ganz unzweifelhaft allein das grofse Verdienst der Entdeckung, dafs Roheisen durch blofses Einblasen von Luft vollständig entkohlt werden kann und dabei soviel Wärme erzeugt wird, dafs Stahl und Stabeisen so flüssig bleiben, dafs

---

[1]) Versuche dieser Art hatten Guest und Evans in den Vereinigten Staaten schon 1840 gemacht.

[2]) Bekanntlich hat die preufsische Regierung seiner Zeit das Patent von Nasmyth zum Vorwand genommen, Bessemer das nachgesuchte Patent zu verweigern.

Digitized by Google

sie in Formen gegossen werden können. Dafs auch Nasmyths Patent nicht der Ausgangspunkt von Bessemers Versuchen war, geht nicht nur aus dessen eigenen Angaben, sondern auch aus seinen ersten Patenten, die in das Jahr 1855 fallen, hervor; diese zeigen uns deutlich den Weg, auf dem Bessemer allmählich zu seiner Erfindung kam. Das erste derselben datiert vom 10. Januar 1855. Der darin vorgeschlagene Prozefs ist eine Cementation von sehr reinem Eisen mit Holzkohlen, welche in einer langen Retorte, deren mittlerer Teil allein stark geheizt wird, kontinuierlich vorgenommen werden sollte und zwar sollte dies dadurch geschehen, dafs die Füllungen zwischen Platten, die sich fortbewegen, eingesetzt werden. Das so erhaltene Produkt wird gut vorgewärmt in einem Flammofen oder auch in einem Kupolofen für sich allein oder auch mit Roheisen zu Gufsstahl geschmolzen. Bemerkenswert ist aber bei diesem Patent, dafs das Eisen, welches er der Cementation unterwirft, mehr gefeint sein soll, als dies sonst üblich ist und dabei doch noch flüssig bleiben soll. Hier sehen wir den Anfang des Weges, der Bessemer zu seiner grofsen Erfindung führte. In der Patentbeschreibung heifst es wörtlich, „folgende Substanzen sollen durch Cementation in Stahl verwandelt werden: 1. Kleine Stücke von gefrischtem oder gefeintem Eisen, welche man dadurch erhält, dafs man den Feinprozefs (refining process) in einem Feineisenfeuer (finery furnace) weiter als gewöhnlich treibt (am besten mit Holzkohle) und das so erzeugte flüssige Metall in Formen mit Abteilungen gieſst, welche das nachherige Zerbrechen erleichtern; 2. Puddeleisen, welches man in einem Puddelofen erhält, wenn man das Metall so lange darin behandelt, bis es in eine unzusammenhängende Masse, ähnlich wie Sand, verwandelt ist“ u. s. w.

Ganz denselben Weg verfolgte Bessemer noch in seinem zweiten Patent vom 18. Juni 1855 (Nr. 1384), in dem ein verbesserter Stahlschmelzofen beschrieben ist.

Ein ganz anderes Verfahren enthalten dagegen die folgenden wichtigen Patente vom 17. Oktober 1855, Nr. 2319, 2321 und 2323. Das erste derselben bezieht sich auf die Herstellung von Eisenbahnschienen aus Gufs- oder Flufsstahl oder Flufseisen. Dieses wird in Formen gegossen, die den herzustellenden Schienen ähnlich sind, so dafs sie nur noch des Fertigwalzens bedürfen.

Der Patentanspruch bezieht sich „auf das Gieſsen von entkohltem oder teilweise entkohltem Eisen in Formen, um Ingots zu erhalten, die zu Eisenbahnschienen ausgewalzt werden“. Das dritte Patent

Digitized by Google

Nr. 2323 ist dem ersten ähnlich und bezieht sich auf die Herstellung von Balken- und Trägereisen aus in entsprechenden Gufsformen gegossenem Gufsstahl. Dabei wird aber gröfserer Wert auf die stahlartige Natur des angewendeten Metalls gelegt und das Walzen von Eingüssen, „die mehr Kohlenstoff als gewöhnliches Stab- oder Plattenеisen, aber weniger als Stahl enthalten", mit einbegriffen. Von viel gröfserer Wichtigkeit ist aber das zweite Patent vom 17. Oktober 1855 (Nr. 2321), welches sich auf den eigentlichen Bessemerprozefs bezieht und denselben bereits klar und deutlich beschreibt. Das Patent bezweckt die Herstellung von Gufsstahl und die Beschreibung beginnt folgendermafsen: Ströme von Luft oder Dampf oder beiden, am besten stark erhitzt, sollen zwischen die Teilchen von geschmolzenem Gufs- oder Feineisen durchgepreſst werden, bis das Metall, während es noch flüssig bleibt, die Eigenschaften des Gufsstahls angenommen hat, worauf es in Formen gegossen wird, um Blöcke (ingots), geschickt zum Hämmern, Walzen oder um andere Artikel zu bilden, zu erhalten. Der Prozefs kann in Öfen oder in Tiegeln, wie sie beim Gufsstahlschmelzen gebräuchlich sind, ausgeführt werden. Er empfiehlt und beschreibt einen von ihm konstruierten Schmelzofen, in dem eine Anzahl Schmelztiegel gleichzeitig eingesetzt werden können. Das flüssige Roheisen wird in die Tiegel laufen gelassen und alsdann gepreſste Luft durch ein Rohr, welches von oben in das Metall eingesteckt wird, durchgepreſst. Der Sauerstoff der Luft oder des zersetzten Wasserdampfes vereinigt sich rasch mit dem Kohlenstoff. Den Verlauf des Prozesses kann man nach den Funken und der ausströmenden Flamme, sowie nach Schöpfproben beurteilen. Da Dampf zu sehr abkühlt, so soll man ihn nur zu Anfang, wenn das Eisen noch reich an Kohlenstoff ist, anwenden, der Wasserstoff verbindet sich dann mit dem Schwefel. Später wendet man nur Luft an, wodurch eine starke Temperaturerhöhung eintritt. Die Tiegel haben unten Ablafsöffnungen, die von unten verschlossen sind und in Pfannen oder Formen, welche auf einem fahrbaren Gestell, das unter dem Schmelzofen herfahren kann, stehen, sich entleeren.

In dem folgenden wichtigen Patent Nr. 2768, das am 7. Dezember 1855 angemeldet wurde, beschreibt Bessemer zwei verschiedene Verfahren zur Ausführung seiner Erfindung. Das erste ist mehr den bestehenden Verhältnissen, insbesondere dem Puddelbetrieb, angepafst und auf Massenproduktion berechnet. Es zerfällt in zwei Operationen, in Vorfrischen und Fertigmachen. Das Vorfrischen soll in gröfseren, aus starkem Eisenblech hergestellten, mit feuerfestem Thon aus-

Digitized by Google

gekleideten Gefäfsen (Fig. 315 bis 317) geschehen. Die Gefäfse sind in Achsen gelagert und drehbar, ähnlich den grofsen Gieſspfannen (ladles), doch sind sie bis auf eine oder zwei Öffnungen geschlossen. Es waren dies die Vorläufer der Bessemerbirnen oder Konverter. In diesen erfolgt das Vorfrischen oder Feinen durch Einpressen von Luft durch ein Rohr aus feuerfestem Thon, oder aus Eisen mit Thon umkleidet, ohne

Fig. 315.

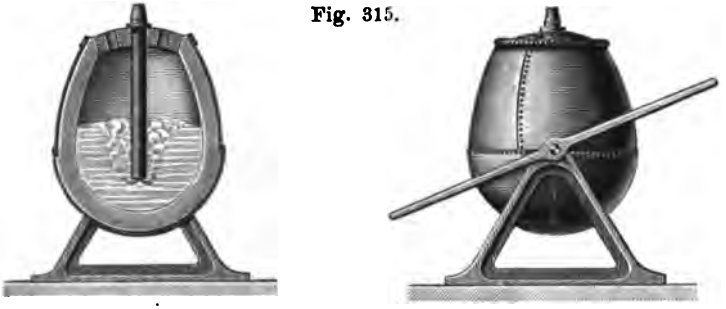


Fig. 316.

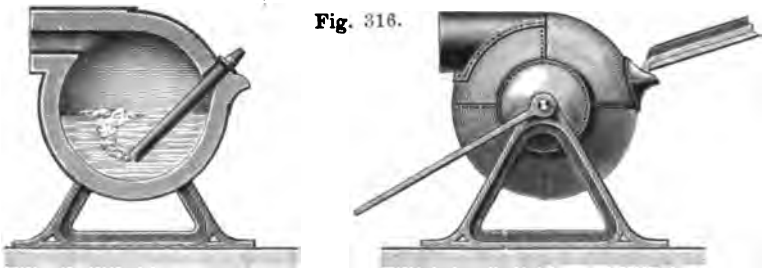
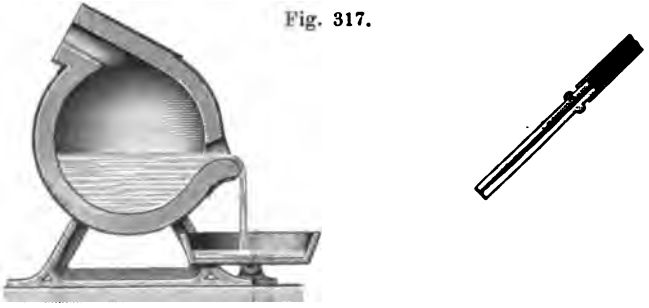


Fig. 317.



Anwendung von Brennmaterial. Zu diesem Zweck soll das Gefäfs nahe dem Stichloch eines Hochofens aufgestellt und beim Abstich das flüssige Eisen hineingeleitet werden, worauf dann sofort durch das Rohr Wind durchgepreſst wird. Das Eisen wird dadurch gereinigt, bleibt aber flüssig, so dafs es in geeignete Formen gegossen werden kann. — Diese Gufsstücke werden dann einer zweiten Reinigung unterworfen, indem sie in einem Puddelofen mit grofser Rostfläche

Digitized by Google

und vertieftem Herd (Fig. 318 bis 320) eingeschmolzen werden und durch Formen, die seitlich oder am Boden angebracht sind, ebenfalls wieder Wind durch das flüssige Metall gepreſst wird. Gleichzeitig arbeitet der Puddler die Masse durch und formt sie dann in Luppen, die wie üblich weiter behandelt werden; nur soll das Ausheizen oder Schweiſsen der Blöcke, um nachträgliche Verunreinigung durch die Feuergase zu vermeiden, in geschlossenen Thonretorten, die in einem Flammofen liegen, geschehen.

Fig. 318.

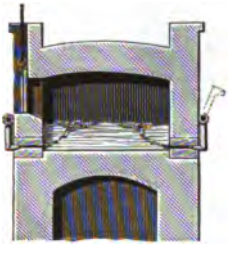


Fig. 319.

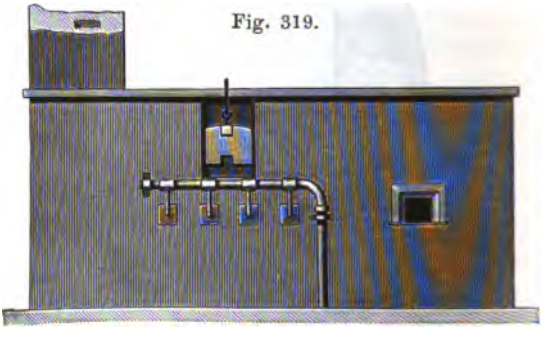
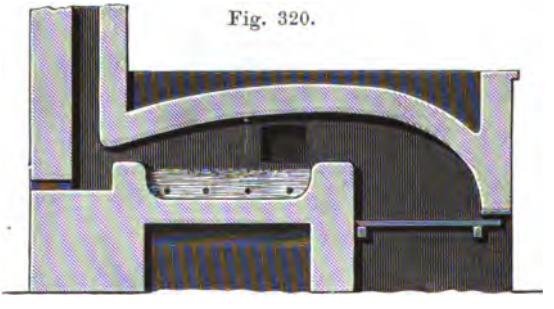


Fig. 320.

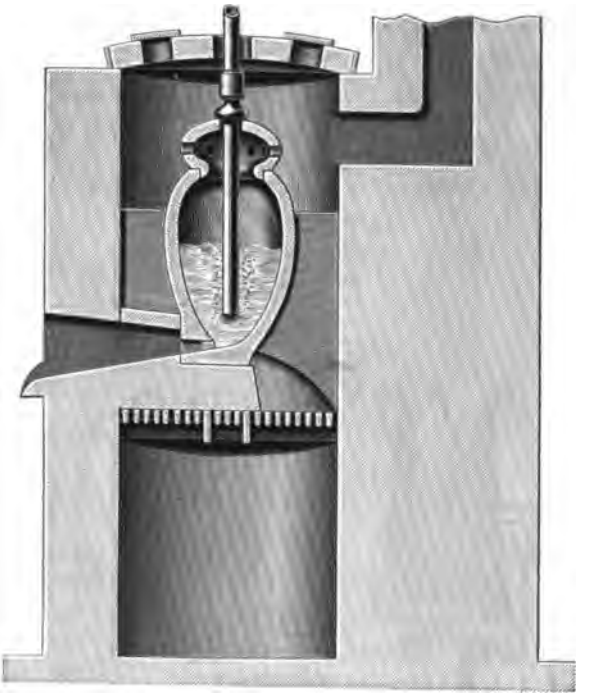


Man kann aber auch den ganzen Frischprozeſs, und dieses ist das zweite Verfahren, in einem zu Ende führen. Es geschieht dies in einem Tiegel (Fig. 321), ähnlich dem oben beschriebenen, nur gröſser, so daſs er mehrere Centner Eisen faſst, das in einem Windofen, in dem es rings von Koks umgeben ist und in dem durch eine hohe Esse eine groſse Hitze erzeugt werden kann, eingesetzt wird. Ist der Eiseneinsatz geschmolzen, so wird das Windrohr eingeführt und das Windfrischen erfolgt, wie oben geschildert. Es erfolgt ein heftiges Aufkochen der Masse, wobei lebhaft Flammen, Funken und Schlacken aus den Öffnungen des Deckels entströmen. Nachdem die Operation etwa eine halbe Stunde gedauert hat, „vermindert sich die Flamme und zeigt dadurch dem Arbeiter an, daſs der Prozeſs vollendet und das Roheisen in fast reines Schmiedeeisen verwandelt worden ist“. Über die Anwendung des Dampfes, das Abstechen, Gieſsen, Hämmern und Walzen werden die früheren Angaben wiederholt. „Das entkohlte Metall kann auch zum Guſs von Gegenständen verwendet werden,

Digitized by Google

die geschmiedet und gewalzt werden können. Verlangen diese Güsse ein kohlenstoffreicheres Eisen, so kann der Kohlenstoff dem Metall durch Einleiten von kohlenstoffreichen Gasen oder durch Eintauchen kohlenstoffhaltiger Substanzen, wie trockenes Holz, beigebracht werden. Flufsmittel, besonders Soda oder Pottasche, können mit dem Wind eingeblasen werden."

Fig. 321.



Das darauf folgende Patent Nr. 44 vom 4. Januar 1856 bezweckt eine Verbesserung des Vorfrischens oder Feinens, das bis zur Umwandlung in flüssigen Stahl fortgesetzt werden soll. Dies soll dadurch erreicht werden, dafs das Eisen in fein verteiltem Zustande der Wirkung eines Windstromes ausgesetzt wird. Die Ausführung geschieht in kleinen Kupolöfen,

Fig. 322.

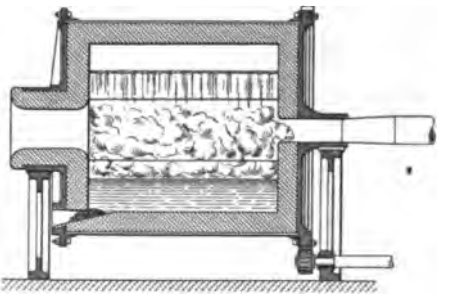
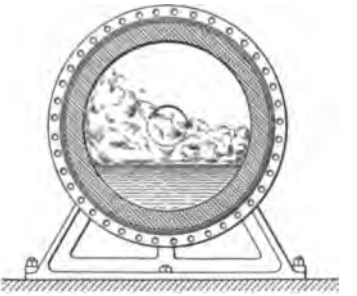


Fig. 323.

Fig. 324.



Digitized by Google

die übereinander stehen, so daſs das geschmolzene Metall des einen Ofens in den anderen flieſsen kann. Das flüssige Eisen soll hierbei entweder auf einen Stein aufprallen oder durch glühende Koks flieſsen, in beiden Fällen wird das Metall dadurch verteilt (scattered) und in

Fig. 325.

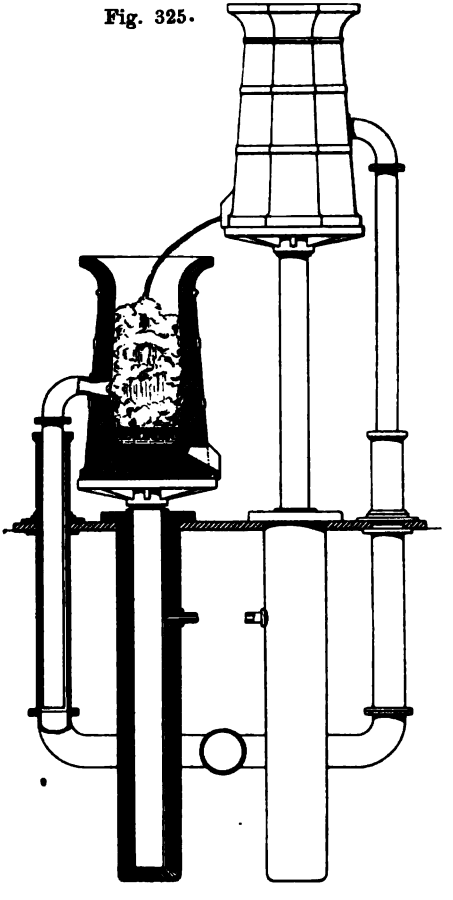


Fig. 326.

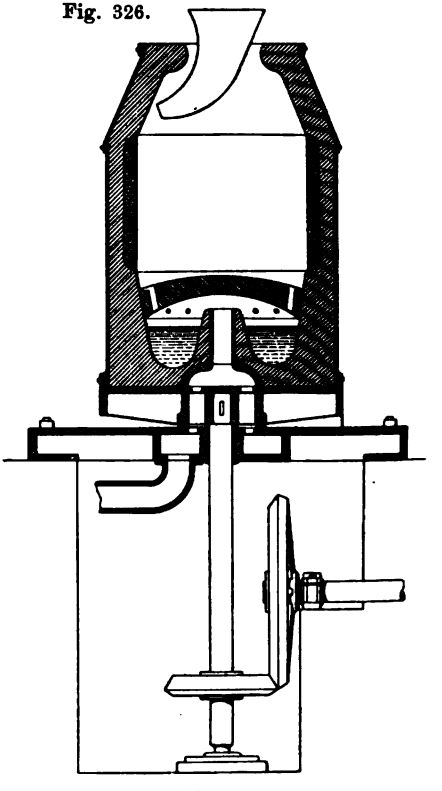
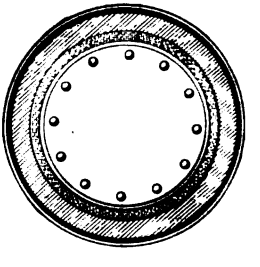


Fig. 327.



einem Regenschauer (in a shower) durch das hocherhitzte Brennmaterial und den Windstrom (blast of air) fallen. Das sich ansammelnde Metall bleibt ebenfalls noch der entkohlenden Wirkung des gepreſsten Windes ausgesetzt. Nach einer anderen verbesserten Anordnung soll man zwei bewegliche Kupolöfen anwenden, welche durch ein hydraulisches Hebewerk (Plunger) hoch und tief gestellt werden können, so daſs abwechselnd das geschmolzene Metall des einen Ofens in die Gicht des anderen Ofens flieſsen kann, bis das Metall genügend entkohlt ist.

Digitized by Google

Die Windröhren müssen hierbei beweglich sein. In Fig. 325 ist diese Anordnung dargestellt. Weiterhin schlägt Bessemer für denselben Zweck rotierende Öfen vor und zwar:

1. Einen cylindrischen oder kugelförmigen Ofen aus Kesselblech (Fig. 322 bis 324, S. 915) mit feuerfesten Ziegeln und Thon ausgekleidet, der sich um eine hohle horizontale Achse dreht. Durch die eine horizontale Achse tritt der Wind ein, durch die andere wird Brennmaterial

Fig. 328.

Fig. 330.

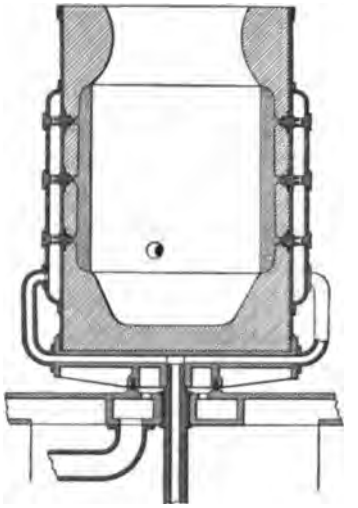


Fig. 329.

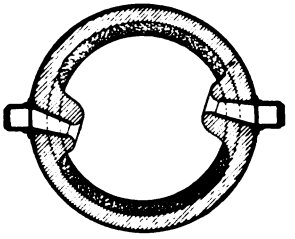
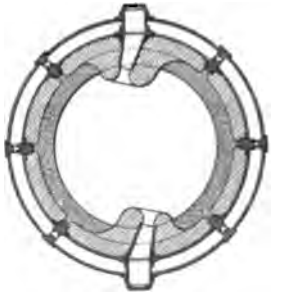


Fig. 331.



und das geschmolzene Metall eingelassen. Durch die Drehbewegung wird das flüssige Metall an den Wänden in die Höhe gehoben und fällt dann durch das glühende Brennmaterial, wodurch es erhitzt und gleichzeitig der Wirkung des Windes ausgesetzt wird. Das Emporheben des Metalls kann durch Rippen im Ofen befördert werden.

2. Einen cylindrischen Ofen (Fig. 326), der sich um eine vertikale Achse dreht, indem er in Spindeln, welchen durch ein Zahnradgetriebe eine rasche Drehbewegung mitgeteilt wird, läuft. Der Wind wird durch

Digitized by Google

die hohle Spindel oder durch Düsen dicht um die Spindel eingeführt. Durch die Drehbewegung steigt das flüssige Metall an den Wänden auf und bietet dem Winde eine grofse Oberfläche dar. Ebenso wird das glühende Brennmaterial durch die Centrifugalkraft wider diese gehobene Schicht flüssigen Eisens angedrückt und teilt diesem seine Hitze mit. Durch die raschere oder langsamere Drehbewegung kann man die Einwirkung regulieren und immer neue Oberflächen derselben aussetzen. Es lassen sich auch noch Windröhren am Boden oder an den Seiten anbringen, wodurch die Luft durch das Metall hindurchgepreſst wird.

Die Figuren 326 bis 331 (a. v. S.) zeigen verschiedene Konstruktionen Bessemers[1]). Im allgemeinen ist also in diesem Patent mehr die Wirkung des Windes auf die Oberfläche betont. Um besseren Stangenstahl zu erzeugen, sollen die aus dem entkohlten Metall erzeugten Stäbe cementiert und ausgewalzt werden.

Am 12. Februar 1856 nahm Bessemer ein neues wichtiges Patent (Nr. 356)[2]). In diesem kehrt der Erfinder wieder zu dem Durchblasen des Windes durch das flüssige Roheisen zurück und versichert hierbei zum erstenmal bestimmt, daſs hierdurch eine so grofse Wärme entwickelt werde, daſs kein Brennmaterial mehr erforderlich sei[3]). Das Schmelzgefäſs, das er empfiehlt, hat einen cylindrischen Blechmantel und hängt in hohlen Achsen, durch welche der Wind den Thonformen zugeführt wird. Die Ausströmungsöffnung für die Gase soll so gewunden sein, daſs das in die Höhe geschleuderte Metall wieder zurückfällt. Das Ausgieſsen geschieht aus derselben Öffnung durch Kippen des Gefäſses, was ähnlich wie bei Nasmyths Guſspfannen durch eine Schraube (worm), die in ein an der Achse angebrachtes Zahnrad eingreift, bewirkt wird. Die Operation dauert eine halbe Stunde und wird ihr Verlauf nach der Flamme beurteilt. Die Köpfe der Eingüsse sind oft blasig. Man schneidet diese blasigen Teile entweder ab und schmilzt sie bei einer folgenden Charge mit um, oder man bearbeitet sie vor dem Auswalzen unter einem Quetschwerk oder einem Dampfhammer.

---

[1]) Siehe Specifikation; ferner Armengaud, Génie industriel, April 1857 und Dingler, polyt. Journ., Bd. 145, S. 28, Tab. I.

[2]) Siehe Abridgments, p. 206.

[3]) „I have discovered that if atmospheric air or oxygen is introduced in the metal in sufficient quantities, it will produce a vivid combustion among the particles of the fluid metal and retain or increase its temperature to such a degree, that the metal will continue fluid during its transition from the state of crude iron to that of cast steel or malleable iron, without the application of any fuel."

Digitized by Google

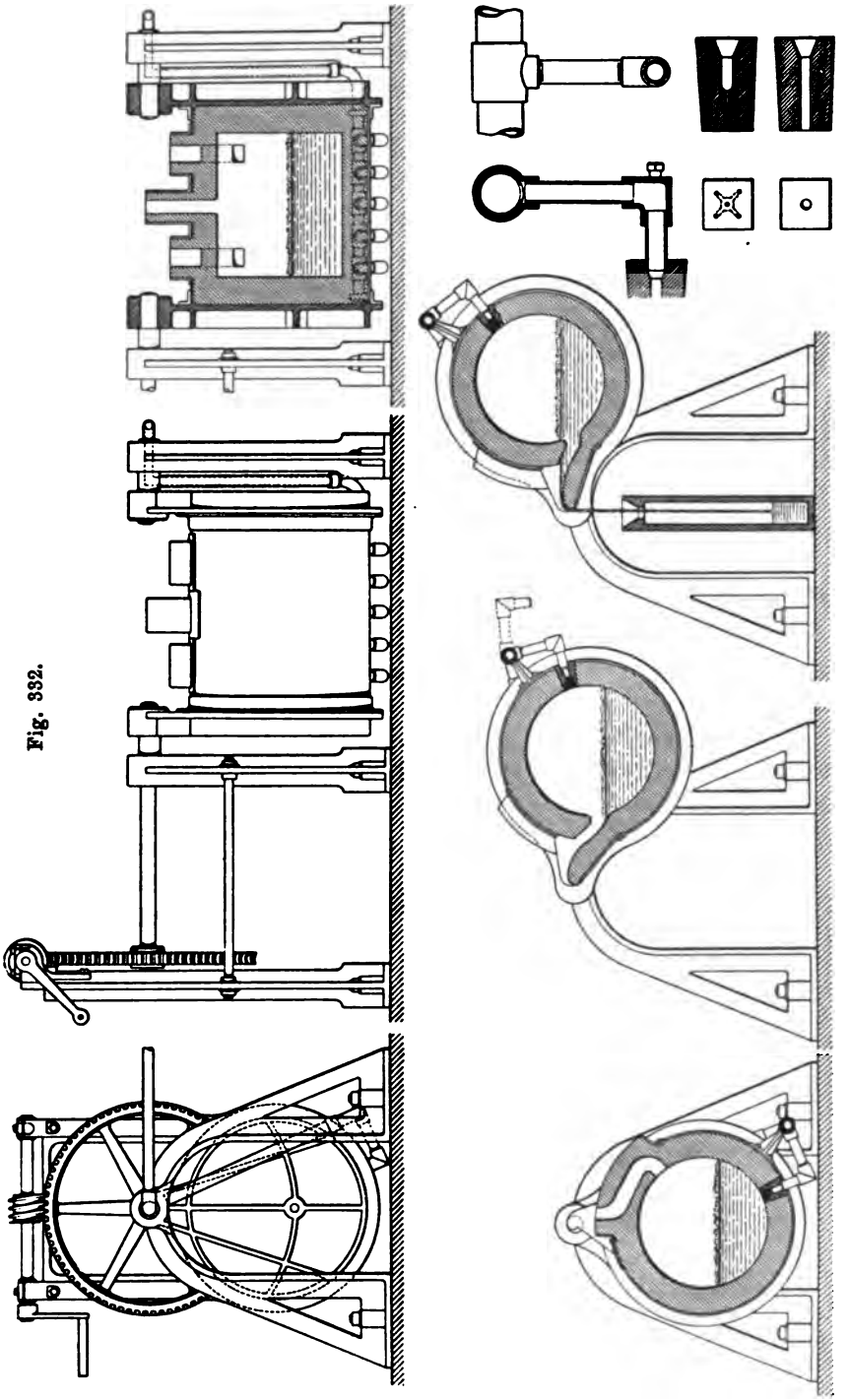


Fig. 332.

Digitized by Google

In Fig. 332 (a. v. S.) ist der von Bessemer beschriebene Apparat in verschiedenen Ansichten und Stellungen wiedergegeben, in dem sich die charakteristischen Eigentümlichkeiten des späteren Konverters bereits vorfinden, die Aufhängung in gelagerten Achsen, die Zuführung des Windes durch die hohle Achse und der Eintritt des Windes am Boden des runden Gefäfses durch eingesetzte Formen aus feuerfestem Thon. Auf der anderen Seite zeigt die Konstruktion noch eine gewisse Unbeholfenheit, namentlich hinsichtlich der Drehbewegung des Konverters, der, um entleert zu werden, ganz herumgeschwenkt werden mufs, was bei gröfseren Einsätzen einen grofsen Kraftaufwand erfordern würde.

Auch in diesem Patent formuliert Bessemer nochmals den Grundgedanken und das Wesentliche seiner Erfindung[1]), welche darin bestehe, dafs Ströme von Sauerstoff (in atmosphärischer Luft oder sonstwie) auf eine Masse von flüssigem Roh- oder Gufseisen in geeigneten Gefäfsen und ohne Verwendung von Brennmaterial einwirken und sie in flüssigen Stahl oder Schmiedeeisen umwandeln. Da die Gufsblöcke häufig blasig werden, so müssen sie nach Bessemer unter Luppenpressen oder Hämmern bei Schweifshitze behandelt werden, um die Wände der Hohlräume zusammenzudrücken und zu schweifsen.

Um feinere Stahlsorten zu erzeugen, solle man das entkohlte Metall in Wasser giefsen, die Granalien in aufrechtstehenden Retorten cementieren und den cementierten Stahl in Tiegeln zu Gufsstahl umschmelzen.

In dem folgenden Patent vom 15. März 1856 sind verschiedene Methoden der Ausführung von Bessemers Prozefs besprochen und zwar unter Benutzung der in der Eisenindustrie gebräuchlichen Schmelzöfen. Es wird vorgeschlagen, die Operation im Herd des Hochofens, im Kupolofen oder im Frischherd (Feineisenfeuer) vorzunehmen, wobei man nur noch besondere Blaseformen für das Durchblasen des Windes durch das flüssige Eisen anbringen müsse. Aufserdem giebt er neue Konstruktionen von geschlossenen Öfen an, die wir zum Teil später beschreiben werden. Da leicht ein Übergaren stattfindet, so schlägt Bessemer vor, nach Beendigung des Prozesses gekohlte Gase durch-

[1]) . . . my Invention which I declare to consist in acting on a mass of melted crude or cast iron when in a suitable vessel by streams of oxygen (contained in atmospheric air or otherwise) and without the further consumption of fuel for heating the vessel or the iron to convert such fluid crude or cast iron into steel or malleable iron.

Digitized by Google

zuleiten oder das flüssige Metall mit einer Holzstange durchzurühren, zu polen, wie bei dem Kupfergarmachen, um das etwa gebildete Oxyd wieder zu reduzieren. Je nachdem man kohlenstoffreichere oder kohlenstoffärmere Gase einleitet, oder länger oder kürzer polt, soll man Stahl oder Schmiedeeisen erhalten. Hier ist also schon ein Überblasen, d. h. die völlige Entkohlung, vorausgesetzt. Bessemer schlägt auch unter anderem vor, um dichte Güsse zu erhalten, den unteren Teil des Ofens mit dem unteren Teil der Form so zu verbinden, dafs die Eingüsse aufsteigend gegossen werden. Die Formen der Ingots und des Gerinnes sollen aus zwei Hälften zusammengesetzt sein, die durch Zapfen und Bolzen zusammengehalten werden. Man könne auch die luftdicht schliefsenden Formen mit einer Luftpumpe luftleer machen und dann das flüssige Metall darin aufsteigen lassen, wodurch ebenfalls die Blasen vermieden würden.

Über die weitere Behandlung der Gufsblöcke (Ingots) nahm Bessemer ein besonderes Patent am 31. Mai 1856 (Nr. 1290). Er wendet zum Auswalzen der Blöcke, die krystallinisch und oft blasig sind, statt der gewöhnlichen Walzen, unter denen sie leicht brechen, excentrische Walzensegmente von sehr grofsem Durchmesser an, deren kannelierte Arbeitsflächen aus Hartguſs oder Stahl bestehen[1]).

Diese Walzensegmente erhalten eine hin- und hergehende Bewegung und können durch hydraulischen Druck oder Schrauben einander genähert werden, während der Block rückwärts und vorwärts durchgewalzt wird. Zwischen diesen Segmenten werden die Blöcke besser gezängt und dicht gemacht, als zwischen Walzen. Auch sollen die Walzen so konstruiert sein, dafs die Streckung genau reguliert und zu starker Druck vermieden werden kann, wofür Bessemer eine besondere Konstruktion und besondere Vorkehrungen für den Gufs der Walzen angiebt[2]).

Unter demselben Datum nahm Bessemer ein zweites Patent (Nr. 1292) für die Fabrikation von Eisen und Stahl nach seinem Verfahren. In diesem beschreibt er eine andere Ofenkonstruktion. Ein eiserner Cylinder ist mit feuerfesten Formsteinen der Art ausgemauert, dafs die senkrechten Wände oben zu einer Kuppel mit einer engen Öffnung in der Mitte zusammengezogen sind (Fig. 333 a. f. S.); die Öffnung führt in eine trichterförmige Kammer, welche durch eine gewölbte Decke verschlossen ist. Am Boden des unteren Gefäfses

[1]) Bessemers Walzwerk oder richtiger Quetschwerk ist abgebildet auf Tab. I, Dinglers polyt. Journ., Bd. 145 (1857).

[2]) Siehe Abridgments, p. 287.

Digitized by Google

mündet eine Anzahl Formen aus feuerfestem Thon, durch welche der Wind durch das flüssige Roheisen gepreſst wird. Durch die Aufgabeöffnung in der oberen Kammer sollen Schmiedeeisenabfälle aufgegeben werden, welche in der ungeheuren Hitze der ausströmenden Flamme schmelzen und sich mit dem Metall in dem Konverter („converting vessel") vermischen. Auf diese Weise wird zugleich ein Teil der entwickelten Wärme ausgenutzt. Durch Sauerstoff kann man, wenn nötig, die Hitze sehr steigern. Flufsmittel und Zuschläge können eingeblasen oder oben durch den Trichter eingetragen werden. Mit einem solchen feststehenden Konverter führte Bessemer seine Versuche auf seinem Werke zu St. Pancras im Sommer 1856 aus.

Fig. 333.

Für grofse Eingüsse giebt Bessemer in demselben Patent eine Gufsform an, deren Boden aus einem hydraulischen Preſskolben besteht. Das Metall wird aus der am Boden befindlichen Öffnung einer Gufspfanne einströmen gelassen. Sobald die Metallmasse erstarrt ist, wird der ganze Block mittels des Preſskolbens aus der Form emporgepreſst und kann so in voller Glut unter den Hammer oder die Walze gebracht werden. Der Preſskolben kann auch dazu dienen, die noch weiche Metallmasse in der Form zusammenzupressen, wobei sie mit einem starken Deckel oben verschlossen werden mufs. Um dichte Güsse zu erhalten, gieſst Bessemer unter starkem Gasdruck.

Am 16. August 1856 hielt dann Henry Bessemer seinen berühmten Vortrag in Cheltenham. Aus den angeführten Patenten geht deutlich hervor, wieviel Arbeit, Zeit und Geld er bereits für seine Erfindung geopfert hatte. Er durfte wohl überzeugt sein, dafs er auf dem rechten Wege war, dafs seine Erfindung eine grofse Zukunft haben würde und in dieser siegreichen Gewifsheit verkündigte er sie der erstaunten Welt. Aber er war noch nicht am Ziel; sein Verfahren war trotz aller Erfolge noch im Versuchsstadium; er unterschätzte die Schwierigkeiten, welche der Ausführung im Grofsen entgegenstanden. Bessemer hat selbst später einmal geäufsert, wenn er Eisenhüttenmann von Fach gewesen wäre, hätte er die Erfindung nicht gemacht. Das meinte er deshalb, weil er dann die enormen Schwierigkeiten, welche sich der praktischen Durchführung seiner Erfindung entgegen-

Digitized by Google

stellten, deutlicher vorausgesehen und dann schwerlich den Mut für das Unternehmen gehabt hätte.

Nach Abhaltung seines Vortrages zu Cheltenham nahm Bessemer im Laufe des Jahres 1856 noch vier weitere Patente [1]), die aber zum Teil von dem Grundgedanken abweichen. Das erste, vom 19. August 1856, bezieht sich auf eine Kombination seines pneumatischen Prozesses mit dem Puddelprozefs. Er bedient sich dazu eines gewölbten Ofens mit zwei Abteilungen; in der einen wird das Roheisen durch Durchpressen von Luft entkohlt, wobei ein Zusatz von Eisenoxyd oder Garschlacke von der vorhergehenden Operation empfohlen wird. Das entkohlte Eisen wird dann in die andere Abteilung abgestochen und hier umgerührt, bis es anfängt fest zu werden, worauf es in Luppen geteilt wird. Diese Arbeit kann auch durch Maschinenkraft ausgeführt werden, wenn man die zweite Abteilung beweglich macht, als Drehofen.

Das folgende Patent, vom 25. August 1856, bezieht sich hauptsächlich auf einen Gasschmelzofen für Kohleneisensteine und ist für die Geschichte der Erfindung des Bessemerprozesses ohne Bedeutung.

Am 4. November 1856 liefs sich Bessemer ein Patent erteilen für die Fabrikation von Eisenbahnschienen aus sehnigem Puddeleisen und Flufseisen oder Flufsstahl und zwar in der Weise, dafs die Puddelstäbe in die Form eingelegt werden und das entkohlte flüssige Metall dann darüber gegossen wird. Die so gebildeten Pakete werden dann zu Schienen gewalzt. Doch könne man auch das Bessemermetall erst zu Stäben auswalzen und diese mit Puddelrohschienen paketieren.

Von gröfserer Wichtigkeit ist das Patent vom 10. November 1856. Es bezweckt eine besondere Reinigung des Roheisens durch heftiges Umschütteln mit flüssiger Schlacke oder anderen Reinigungsmitteln. Das Umschütteln geschieht in einem mit feuerfesten Steinen ausgekleideten cylindrischen Kessel durch eine rasche Schaukelbewegung, welche dadurch bewirkt wird, dafs das Gefäfs mit der Kolbenstange eines Dampfcylinders verbunden ist. Dieser Schüttelprozefs (agitating process) kann in sich abgeschlossen sein und liefert dann gereinigtes Gufseisen oder er ist die Vorbereitungsarbeit zu dem Entkohlungsprozefs (decarbonizing process), dem eigentlichen

[1]) Eine ausführliche Zusammenstellung aller Patente, welche sich auf die Erfindung und die Entwickelung des Bessemerprozesses bezieht, findet man in einer fortlaufenden Reihe von Aufsätzen von W. Martien Williams „History of modern inventions in the manufacture of iron“ in der englischen Fachzeitschrift „Iron“ von 1880 und 1881. 1886 brachte H. Bessemer selbst in der Herbstversammlung des Eisen- und Stahlinstituts eine Abhandlung über einige ältere Formen des Bessemerverfahrens zur Verlesung (siehe Stahl u. Eisen, 1886, S. 789).

Digitized by Google

Bessemern. Letzterer kann in einem besonderen Gefäfse oder auch in demselben mit dem Schüttelprozefs abwechselnd ausgeführt werden. Roheisen aus reinen Erzen oder solches, welches Mangan enthält, ist vorzuziehen. Für den Entkohlungsprozefs empfiehlt Bessemer die Anwendung eines auf dem Metall schwimmenden Ziegelsteines zur Zurückhaltung der strahlenden Wärme. Ferner schlägt er vor, das Flufseisen nach dem Ausgiefsen in die Form umzurühren, bis es fest wird, oder erst flüssige Schlacke in die Form zu schütten und hierauf das Metall so zu giefsen, dafs es in Tropfen- oder Körnerform in die Schlacke gelangt und mit dieser dann ein inniges Gemenge bildet. Dieses Gemenge wird dann gepreſst oder erhitzt und ausgewalzt. Auch diese Operation bezweckt eine weitere Reinigung des Metalls.

In einem anderen Patent vom 18. November 1856 tritt der Gedanke des eigentlichen Bessemerns in den Hintergrund und beschreibt das Patent ein kombiniertes Puddelverfahren in einem Ofen, welcher gleichzeitig drei Herde enthält: auf dem einen wird gepuddelt, auf dem anderen wird Roheisen eingeschmolzen und gefeint und auf dem dritten wird eine künstliche Garschlacke erzeugt.

Wir sehen, dafs die Patente, welche Bessemer nach seinem Vortrage in Cheltenham nahm, sich mehr von dem eigentlichen Windfrischen entfernen. Der Grund hiervon lag darin, dafs die Versuche, welche alsbald nach Bessemers Vortrag in gröfserem Mafsstabe ausgeführt wurden, doch auch den Erwartungen Bessemers nicht entsprachen. Sie waren eine Enttäuschung nicht nur für die hochgespannten Hoffnungen des Publikums, sondern auch für Bessemer selbst. Deshalb liefs er den Gedanken, dafs sein Verfahren den Puddelprozefs ersetzen und verdrängen sollte, einstweilen teilweise fallen und suchte ihn mit dem Puddelprozefs zu verbinden. Es waren dies Zugeständnisse, die er dem herrschenden Vorurteil machte.

Nach dem Vortrag Bessemers an der British Association verbreitete sich rasch die Nachricht von der neuen Erfindung in Europa und Amerika. Auf vielen Hüttenwerken machte man Versuche mit dem scheinbar so einfachen Prozefs, und auf den meisten Werken mifslangen dieselben. Der Grund lag darin, dafs man die Versuche fast überall mit ganz ungenügenden Hülfsmitteln, namentlich mit viel zu schwachen Gebläsen und zu kleinen Einsätzen ausführte. Ein anderer Grund lag darin, dafs man jede beliebige Sorte Roheisen dazu nahm und von dem schlechtesten Roheisen besten Stahl erwartete. Bessemer selbst hatte bis dahin keine genügende Erfahrung ge-

Digitized by Google

sammelt, wie sich die verschiedenen Roheisensorten bei seinem Verfahren verhielten. Durch glücklichen Zufall mehr als durch Überlegung hatte er von Anfang an eine sehr reine und für seinen Prozefs geeignete Roheisensorte gewählt. Es war dies kalt erblasenes, graues Roheisen von den Bleanavon-Works. Als man nun geringere Eisensorten der Operation unterwarf, fiel auch das Produkt sehr mangelhaft aus.

Bessemer glaubte mit seinem Prozefs guten Werkzeugstahl für die Sheffielder Stahlindustrie liefern zu können: dies war das Ziel, das ihm in früheren Jahren vorschwebte und sein Vortrag mufste den Glauben erwecken, dafs ihm dies gelungen sei. Da nun das Produkt, welches bei den Versuchen zustande kam, von gutem Gufsstahl noch sehr weit entfernt war, so war das hüttenmännische Publikum schnell fertig mit seinem Verdammungsurteil. Dazu kamen noch persönliche Interessen. Der ganze Puddelprozefs und damit alle Puddelwerke schienen durch Bessemers Erfindung, wenn sie sich bewährte, in ihrem Bestande bedroht. Dafs diese mächtige Industrie, in welcher damals der Schwerpunkt der Stabeisenbereitung lag, sich von vornherein feindlich dem neuen Verfahren gegenüberstellte, war erklärlich, und indem sie dasselbe bemängelte und verkleinerte, handelte sie zum Teil aus Notwehr. Nur hieraus läfst sich die gehässige Stimmung verstehen, welche die Industriellen der neuen Erfindung entgegenbrachten. Der schlechte Erfolg einiger mangelhafter Versuche genügte in den meisten Fällen, den Stab über das Verfahren zu brechen. Namentlich war dies in England der Fall. Geduld und guten Willen zeigte hier eigentlich nur Bessemer selbst.

Indessen fielen auch in England nicht alle Versuche schlecht aus. Auf dem grofsen Eisenwerk zu Dowlais, deren Besitzer mit Bessemer in ein Vertragsverhältnis getreten waren, erzielte man mit den Versuchen nach des Erfinders Angaben ganz gute Erfolge. Die Ebbw-Vale-Gesellschaft nahm dagegen eine feindliche Stellung ein. Ihre Versuche mit dem neuen Verfahren waren nicht günstig ausgefallen, aufserdem hatten sie das Patent des Amerikaners Martien erworben, um es auszubeuten oder, wie andere Stimmen behaupteten, um damit Bessemers Patent zu umgehen.

Versuche in den Werkstätten der britischen Nordbahn und auf dem Hüttenwerk St. Pancras waren gleichfalls ungünstig ausgefallen. Den gröfsten Einfluss auf das englische Urteil übten aber die Versuche, die seitens der Regierung zu Woolwich mit dem Bessemerstahl gemacht wurden. Diese Versuche wurden schon sehr bald nach

Digitized by Google

Bessemers Vortrag ausgeführt und bereits am 13. September 1856 veröffentlichte das Mining Journal einen Bericht über dieselben [1]).

Die chemische Untersuchung des von Bessemer dargestellten und gelieferten Metalls fiel nicht ungünstig aus, insofern dasselbe als ziemlich rein gefunden wurde. Es enthielt 0,3 Proz. Kohlenstoff, keinen Graphit, kein Silicium, 0,48 Proz. Phosphor und 0,056 Proz. Schwefel. Das sehr reine Bleanavon-Roheisen, aus dem es bereitet war, enthielt selbst nur 0,48 Proz. Phosphor und 0,062 Proz. Schwefel, woraus hervorging, dafs nahezu der ganze Phosphor und Schwefel bei dem Eisen geblieben war. Die mechanischen Proben, welche zu Woolwich mit dem entkohlten Eisen Bessemers angestellt wurden, fielen dagegen wenig günstig aus. Die unter dem Dampfhammer ausgeschmiedeten Blöcke waren im Bruch glänzend krystallinisch und porös. Das Eisen walzte sich schwer und zeigte nach dem Walzen noch denselben Bruch. Auch wiederholtes Schmieden und Schweifsen erzeugte keine Sehne; es blieb krystallinisch und erschien teilweise oxydiert. Aus diesem Verhalten folgerte man, dafs das Bessemereisen vielleicht für manche Zwecke das Gufseisen, nicht aber das Schmiedeeisen ersetzen könne.

Auf dieses ungünstige Ergebnis stützte E. D. Hearne sein abfälliges Urteil, indem er Bessemer die Originalität der Erfindung absprach, welche eine Nachahmung des Verfahrens von Jos. Gilb. Martien aus New Jersey sei und über das erzielte Produkt er sich dahin äufserte: Herr Bessemer erzeugt trotz seiner Erwartung, ohne Feuer zu arbeiten, nichts als ein krystallinisches und zerbrechliches Eisen, dessen Wert nicht viel gröfser ist, als das bei seinem Versuche verwendete Roheisen.

Dieses voreilige, ungerechte Urteil wurde von dem englischen Publikum, nachdem sich die ersten übertriebenen Erwartungen nicht sofort erfüllt hatten, als richtig angenommen, und Henry Bessemer erschien danach fast in dem Lichte eines Charlatans oder gar eines Schwindlers. Selbst hervorragende Autoritäten, wie der Stahlfabrikant Karl Saunderson zu Sheffield und Truran zu Dowlais, verurteilten den Bessemerprozefs. Saunderson sagte, das entkohlte Produkt habe weder die Eigenschaften des Schmiedeeisens, noch weniger die des Gufsstahls. Es könne nicht geschmiedet, keine Nadel, keine Feile daraus gemacht werden, kurz, es werde niemals den Handelswert des Stahls erlangen. Bessemers Produkt sei ein entkohltes Roheisen,

[1]) Siehe Dinglers polyt. Journal, Bd. 141, S. 430.

Digitized by Google

aber kein Stahl. Ebenso urteilte Truran, der aufserdem der Erfindung die Originalität absprach.

Im Auslande ging es dem Erfinder meist nicht besser. In Frankreich veröffentlichte Pion einen ungünstigen Bericht über den Bessemerprozefs. Er behauptete, dafs nach Versuchen, die in Wales gemacht worden seien, der Abbrand nicht 12,5, wie Bessemer angäbe, sondern 40 Proz. betragen habe. Er selbst hätte Versuchen beigewohnt, die zu Ebbw-Vale in einem kleinen Kupolofen mit zwei Öffnungen zum Eintragen des Eisens und zwei Öffnungen für den Austritt der Flamme, sieben Düsen am Boden und seitlichem Abstich gemacht worden waren. Nach 2 Minuten wäre die Reaktion sehr deutlich eingetreten. Das Ausströmen der Funkengarben dauerte etwa 10 Minuten, der ganze Versuch nahm etwa 18 Minuten in Anspruch. Das Erzeugnis war ein Eisen von mittelmäfsiger Qualität, das bei 40 Proz. Abbrand sehr teuer zu stehen kam. Pion bemerkt übrigens, dafs man schlechtes Roheisen zu dem Versuch verwendet hätte. Versuche zu Dowlais sollen aber noch schlechter ausgefallen sein. Die Hitze entstehe durch verbrennendes Eisen. Kein Ofen habe mehr als drei Chargen ausgehalten.

Diesem ungünstigen Urteil von Pion schlofs sich der französische Metallurg Gruner damals an, der den Prozefs verwarf, weil die Hitze durch verbrennendes Eisen erzeugt und der Phosphor- und Schwefelgehalt des Roheisens nicht entfernt würde, weshalb man aus den gewöhnlichen Roheisensorten nie ein brauchbares Produkt erhalten könne.

Die zu Cère (Dep. des Landes) in Frankreich angestellten Versuche hatten auch kein befriedigendes Resultat gegeben.

In Belgien fielen Proben mit Bessemermetall ungünstig aus; es erwies sich als faulbrüchig. Die Versuche, welche Margesson, der Inhaber des Privilegiums für Belgien, auf der Hütte zu Esperance anstellte, sollen dagegen befriedigende Resultate ergeben haben.

Der belgische Ingenieur Gillon veröffentlichte eine längere Arbeit über Bessemers Erfindung, in welcher er zu dem Schlufs kommt, dafs das Frischen des Eisens bei diesem Verfahren nur ein ganz unvollkommenes sei und dafs alle Unreinigkeiten des Roheisens in dem Metall blieben; dafs es sehr schwer sei, ein bestimmtes Produkt zu erzielen und dafs das erhaltene Produkt sowohl durch seine chemische wie seine physikalische Beschaffenheit, seine Unreinheit und seine körnige Struktur schlecht sei. Ein Hauptnachteil des Prozesses sei, dafs er ohne Schlacke und viel zu rasch verlaufe, einerlei

Digitized by Google

ob das Eisen gut oder schlecht sei. Die Unreinigkeiten hätten nicht Zeit, sich abzuscheiden. Das Produkt sei ein verbranntes Eisen. Die wenige Schlacke, die dabei auftrete, sei durch das Schmelzen des Ofenfutters entstanden. Er giebt auch einen Abbrand von 40 Proz. an und meint, dafs das Verfahren höchstens den Feinprozefs ersetzen könne, wie dies schon Martien gethan.

In Deutschland hatte man nur sehr oberflächliche Versuche auf einigen Werken im Rheinlande und Westfalen und auf der Königshütte in Schlesien gemacht. Überall wendete man keinen stärker gepreſsten Wind an, als ihn das Hochofengebläse lieferte. Aus diesem Grunde blieben z. B. die Versuche zu Königshütte erfolglos. Diese ungenügenden Versuche reichten aber aus, um in das allgemeine Verdammungsurteil mit einzustimmen, welchem F. Bädecker in einem im Dezember 1856 in Westfalen gehaltenen Vortrage Ausdruck verlieh. Er behauptete, die durch die Verbrennung des Kohlenstoffs im Roheisen entwickelte Wärme reiche bei weitem nicht aus, das Eisen flüssig zu erhalten, dies müsse durch Verbrennen von Eisen geschehen, was den ganzen Prozefs verwerflich mache. Gegen diese Schlagwörter, welche hauptsächlich von Frankreich ausgegangen waren, trat noch im Jahre 1856 der Deutsche C. Schinz in Philadelphia auf, der im Gegensatz zu der technischen Presse der Vereinigten Staaten, welche an der neuen Erfindung kein gutes Haar liefs[1]), für Bessemer eintrat, indem er rechnungsmäfsig nachwies, dafs die durch die Verbrennung des Kohlenstoffs entwickelte Wärme, welche unter den denkbar günstigsten Bedingungen erfolge, eine sehr bedeutende sei und voll zur Wirkung komme. Er berechnet, dafs, wenn bei dem Prozefs $2^1/_2$ Proz. Kohlenstoff zu Kohlenoxydgas und 10 Proz. Eisen zu Eisenoxyd verbrenne, eine Temperaturerhöhung der Schmelzmasse von 953° C. entstehe, welche durchaus hinreichend sei, um das entkohlte Eisen flüssig zu erhalten. Durch diese geistreiche Arbeit wurde ein sehr wichtiger Punkt klar gestellt und den Gegnern eine Hauptwaffe entwunden.

Ein allgemeiner Fehler war es, dafs anfangs alle Versuche, die mit dem Bessemerverfahren gemacht wurden, in viel zu kleinem Mafsstabe und mit zu kleinen Mengen vorgenommen wurden. Trotzdem gaben auch solche mit ruhigem Urteil und ohne Voreingenommenheit angestellte Versuche nicht immer negative Resultate. So stellte beispielsweise Dr. Ebermeyer zu Heinrichshütte bei Lobenstein solche Versuche an. Er baute sich ein kleines Öfchen nach Bessemers

[1]) Vergl. Jeans, Steel, S. 58.

Digitized by Google

Beschreibung. Da ihm nur ein Winddruck von 20 bis 24 Zoll Wasser zur Verfügung stand, durfte sein Eisenbad nur 3 Zoll Höhe haben. Er nahm 25 Pfund weifses Roheisen. Unter diesen ungünstigen Bedingungen war der Erfolg nur ein geringer, doch verkochte das Eisen in der von Bessemer angegebenen Weise und das Produkt war zum Teil schmiedbar. Dr. Ebermeyer gewann aus seinem Versuch die Überzeugung, dafs der Prozefs Erfolg verspreche und er empfahl Versuche im grofsen bei 10 Pfund Winddruck auf den Quadratzoll und eine Eisensäule von 18 bis 24 Zoll zu unternehmen.

Derjenige Sachverständige, der aber von Anfang an ohne Leidenschaftlichkeit und mit klarem Blick die grofse Bedeutung der Erfindung Bessemers erkannte und dafür eintrat, war Peter Tunner in Österreich. Er kennzeichnete das Verfahren 1856 als „eine Verfeinerung des Roheisens, welche bis zu dessen vollkommener Metallnatur getrieben und wobei der Brennstoff gespart wird". Durch seine Autorität und dadurch, dafs er zuerst die Aufmerksamkeit auf die erfolgreichen Versuche in Schweden lenkte, hat er viel zur Würdigung und zum richtigen Verständnis des Bessemerprozesses beigetragen.

Die Versuche in Schweden, welche Goran Fredrik Göranson im Einvernehmen mit Bessemer zu Garpenberg im Jahre 1856 begann, sind von der gröfsten geschichtlichen Wichtigkeit für die Entwickelung des Bessemerprozesses geworden. Ehe wir dieselben aber näher betrachten, wollen wir erst den weiteren Verlauf der Dinge in England ins Auge fassen.

Bessemers Vortrag und die Veröffentlichung seiner Erfindung machte ihn über Nacht zu einem berühmten Manne; sie versetzte ihn aber auch plötzlich aus dem Zustande friedlichen Forschens und Experimentierens in den Zustand des Kampfes und zwar eines heftigen und erbitterten Kampfes, denn wo grofse materielle Interessen in Frage kommen, wird der Kampf immer mit Leidenschaft geführt. Bessemer hatte durch seinen Vortrag zu grofse Erwartungen erregt; dieselben hatten sich nicht erfüllt, das Publikum fühlte sich enttäuscht und so fand er bei diesem keinen Beistand gegen die allseitigen Angriffe. Er war allein auf sich und seine Kraft angewiesen. Der geringe Erfolg, den die Versuche im grofsen hatten, war für ihn selbst eine Enttäuschung, aber er verzagte nicht, wenn ihm auch manchmal infolge des Ansturmes von allen Seiten der Mut sank. Durchdrungen von der Richtigkeit seines Princips schlug er den richtigsten Weg ein, indem er jede litterarische Fehde vermied, den persönlichen Angriffen Schweigen entgegensetzte und Kräfte und Mittel zusammen-

Digitized by Google

faſste, um durch neue Versuche die seinem Verfahren noch anhaftenden Mängel zu beseitigen und das fachmännische Publikum von der Wahrheit und Bedeutung seiner Erfindung zu überzeugen. Den Weg hierzu muſste er freilich noch suchen, und seine Arbeiten unmittelbar nach seinem Vortrage zu Cheltenham, die wir allerdings nur aus seinen Patenten beurteilen können, da andere Veröffentlichungen darüber fehlen, machen den Eindruck des Tappens im Dunkeln. Aus den vier oben angeführten Patenten vom Schlusse des Jahres 1856 könnte man fast schlieſsen, daſs Bessemer an der groſsen Bedeutung seines Entkohlungsverfahrens selbst irre geworden sei, und daſs er, indem er es mit dem Puddelprozeſs zu kombinieren suchte, ihm selbst nur noch die Bedeutung eines Vorbereitungsprozesses für den Puddelprozeſs, also eines bloſsen Vorfrischens oder Feinens beigelegt hätte. Vielleicht wollte er aber auch durch dieses Einlenken die mächtige Gegnerschaft der Stabeisenfabrikanten versöhnen und sich durch die Erwerbung der Patente jedenfalls für alle Eventualitäten sicher stellen. Besondere Verbesserungen des Prozesses selbst sind in diesen vier Patenten nicht enthalten.

Angeregt durch Martien und Bessemer warf sich auch Robert Mushet, der Sohn des um die englische Eisenindustrie hochverdienten David Mushet, auf diesen Gegenstand und erwarb im September 1856 vier Patente für die Verbesserung des durch das pneumatische Verfahren entkohlten Produkts[1]). Diese Verbesserungen wollte er zunächst durch dasselbe Mittel erreichen, welches Heath zur Verbesserung des Tiegelguſsstahles anwendete, nämlich durch Zusatz eines Gemenges von Kohle und Mangan. Das pulverförmige Gemisch sollte beim Beginn oder Schluſs oder während des Verlaufes des Prozesses in Mengen von 2 bis 10 Proz. zugesetzt werden. (Patent vom 16. September 1856, Nr. 2168.)

Ein zweites Patent (Nr. 2170) von demselben Tage bezieht sich auf den nachträglichen Zusatz von Kohle zu dem bei dem pneumatischen Prozeſs meistens entstandenen übergaren, d. h. teilweise oxydierten Eisen. Diese kohlende Substanz könne entweder eingeblasen oder vor dem Eingieſsen des Roheisens in den Konverter gebracht werden. — Im weiteren Verfolg seiner Untersuchungen fand Mushet dann im Spiegeleisen die kohlen- und manganreiche Eisenverbindung, die am besten seinem Zweck entsprach, und er erwarb am 22. September 1856 dafür das wichtige Patent (Nr. 2219). Das geschmolzene Spiegel-

[1]) Vergl. Jeans, Steel, S. 79.

Digitized by Google

eisen sollte nach beendigter Entkohlung im Schmelzgefäfs oder in der Pfanne zugesetzt werden und zwar für Schmiedeeisen 2 bis 3 Proz., für Halbstahl 3 bis 5 Proz. und für eigentlichen Stahl je nach der verlangten Härte 5 bis 20 Proz. Diese Erfindung Mushets ist für das Gelingen des Bessemerprozesses von gröfster Bedeutung geworden. Robert Mushet schmolz anfangs 1857 entkohltes Bessemermetall von Ebbw-Vale in Tiegeln um und setzte zu jedem geschmolzenen Satz von 44 Pfund 2 Pfund geschmolzenes Spiegeleisen zu. Aus diesem Gemisch gofs er Blöcke von 500 bis 800 Pfund. Einer dieser wurde zu Ebbw-Vale zu einer Eisenbahnschiene ausgewalzt, die im Frühjahr 1857 auf der Station Derby verlegt wurde. Sie lag bis 1873, nachdem 1 250 000 Züge und etwa ebensoviel einzelne Lokomotiven darübergelaufen waren. Das war die erste Bessemerstahlschiene, die gelegt worden ist.

Das Jahr 1857 war für Bessemer und seine Erfindung ein besonders schwieriges. Zu dem Mifstrauen gegen seine Erfindung kam die lähmende Wirkung der von Amerika ausgehenden Geldkrisis, welche auch auf die europäische Eisenindustrie und den Unternehmungsgeist drückte. Nicht nur in England machte sich diese fühlbar, sondern auch in Schweden, wo Göranson infolge davon im Begriff stand, seine Versuche mit dem Bessemerverfahren aufzugeben.

Bessemer arbeitete mit den Mitteln, welche ihm der Verkauf seines Patentes gewährt hatte, unablässig an der Vervollkommnung seines Verfahrens, ohne zu einem entscheidenden Erfolge zu gelangen.

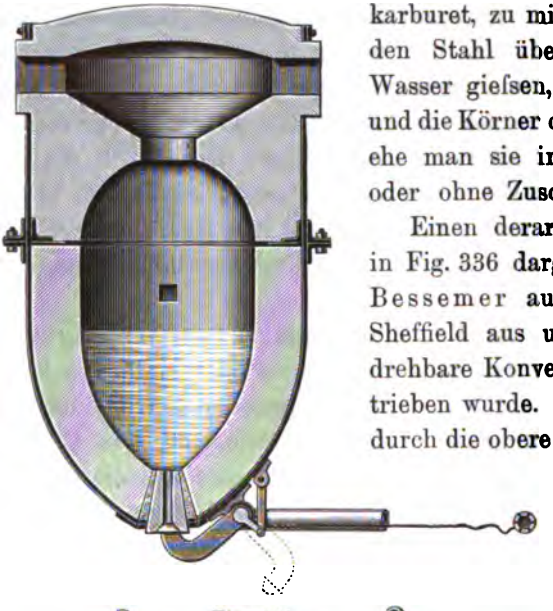
Am 24. Januar 1857 nahm er ein Patent auf ein eigentümliches Walzverfahren für Platten, Bleche, Stäbe u. s. w. Danach sollte das flüssige Metall zwischen bewegte hohle Walzen, die durch Wasser gekühlt waren, gegossen und im Erstarren ausgewalzt werden.

Erst am 18. September 1857 nahm er wieder ein neues Patent (Nr. 2432) auf die Fabrikation von Gufsstahl nach seiner Erfindung. Beim Umschmelzen des Roheisens im Kupolofen sollte möglichst schwefelfreies Brennmaterial, besonders gut entschwefelter Koks genommen werden. Die ausgeworfenen Schlacken und Eisenmassen sollten in Kugelmühlen gemahlen und die Schlacke durch einen starken Windstrom von den Eisenkörnern getrennt werden. Die Windöffnung solle am tiefsten Punkte des Konverters und nicht, wie seither, seitlich angebracht werden und könne diese zugleich auch als Abstichloch dienen (Fig. 334 a. f. S.). Das Gefäfs müsse unten eine parabolische Form haben und stationär oder in Achsen beweglich sein. Fig. 335 (a. f. S.) zeigt eine verbesserte Konstruktion derselben Ofenart. Der geschmolzene

Digitized by Google

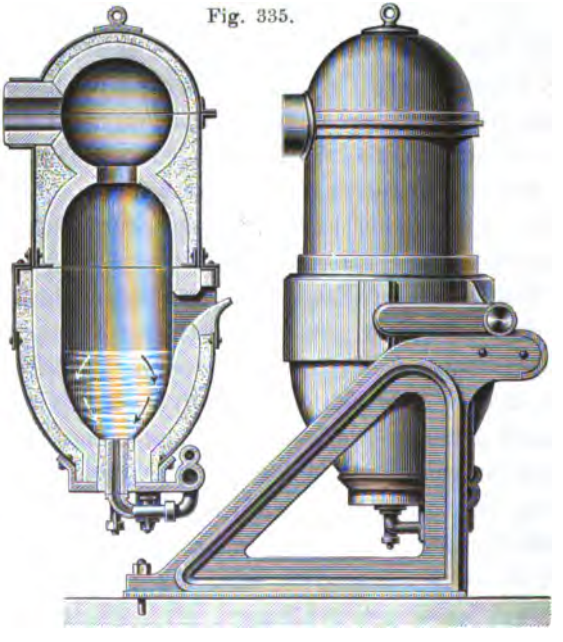
Stahl solle erst in hocherhitzte Tiegel oder Pfannen und von da in Tiegel, die sich in einem Ofen befinden, gegossen werden, damit die Gase entweichen können und das Metall ganz ruhig werde, ehe es in Formen einfliefse. Auch habe man hierbei Gelegenheit, es mit anderem Stahl, mit Kohle, Mangan oder Mangankarburet, zu mischen. Man könne auch den Stahl über geneigte Flächen in Wasser giefsen, um ihn zu granulieren, und die Körner dann mahlen und glühen, ehe man sie in die Schmelztiegel mit oder ohne Zuschläge einsetzte u. s. w.

Fig. 334.



Einen derartigen Apparat von der in Fig. 336 dargestellten Gestalt führte Bessemer auf seinem Stahlwerk in Sheffield aus und war dies der erste drehbare Konverter, der im grofsen betrieben wurde. Die Entleerung erfolgte durch die obere Öffnung. In diesem Konverter wurde das Metall durch und durch entkohlt und aus schwedischem Holzkohleneisen ein sehr reines, schmiedbares Eisen erzeugt, welches, granuliert und in Tiegeln mit Manganoxyd und Holzkohlenpulver verschmolzen, einen ausgezeichneten Gufsstahl gab.

Fig. 335.



Am 6. November 1857 nahm Bessemer ein neues Patent auf ein Verfahren, dichte Güsse in rotierenden Formen herzustellen. Das Metall soll auf eine rotierende Scheibe fallen und wird durch

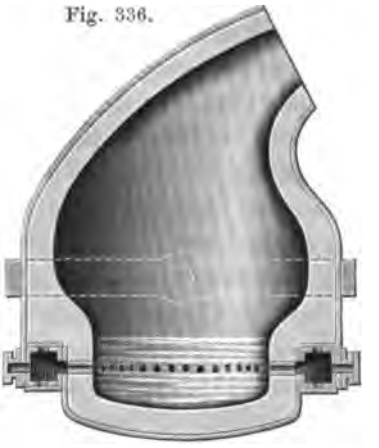
Digitized by Google

die Centrifugalkraft in die äufsere ringförmige Form getrieben, wo es unter Druck erkaltet. Die ringförmigen Gufsstücke werden in kurze Stücke geschnitten und unter Hammer und Walzen ausgestreckt.

Bessemer erkannte den Schwefel und Phosphor als die gröfsten Feinde seines Verfahrens. Letzterer liefs sich nur aus den Erzen entfernen und schlug Bessemer hierfür entweder ein chlorierendes Rösten oder Behandlung der Erze mit verdünnter Salzsäure vor. Die Schmelzung der Erze sollte mit gereinigten, schwefelfreien Koks geschehen. Um ein möglichst schwefelfreies Roheisen zu erhalten, schlug er vor, die Reduktion und Schmelzung der Erze mit Gas vorzunehmen.

Im ganzen kam aber Bessemer trotz seiner Beobachtungen und geistreichen Vorschläge mit seinem Prozefs im Jahre 1857 nicht viel weiter. Nur erkannte er deutlicher, dafs durchaus nicht alle Roheisensorten für seinen Prozefs geeignet seien, dafs die wichtigste Vorbedingung für das Gelingen ein möglichst schwefel- und phosphorfreies Roheisen sei. Die Auswahl der richtigen Erze beim Hochofenprozefs zeigte sich hierfür von gröfster Wichtigkeit.

Fig. 336.



Die Verwendung solcher Erze und des daraus erblasenen Roheisens war auch der wichtigste Grund, dafs die Versuche mit dem Bessemerverfahren in Schweden so günstigen Erfolg hatten. Diese Versuche hatte, wie bereits oben erwähnt, G. F. Göranson aus Högbo im Jahre 1856 zu Garpenberg begonnen. Er war der einzige Industrielle auf dem Kontinent, der die Versuche mit Ernst, gutem Willen und Vertrauen zur Sache aufnahm und durchführte. Er wollte nicht blofs, wie die meisten anderen, durch einen flüchtigen Versuch sich überzeugen, dafs die Sache nicht ginge, sondern er wollte wirklich Eisen und Stahl nach dem neuen Verfahren erzeugen. Deshalb begnügte er sich auch nicht wie andere damit, nach den kurzen Angaben in Bessemers Vortrag seinen Versuchsapparat zu konstruieren, sondern er trat mit Bessemer in Verkehr und liefs sich von diesem Rat und Anleitung geben. Obgleich die ersten Versuche zu Garpenberg unter der Aufsicht des Ingenieurs Leffler nicht ungünstig ausfielen, so zeigte es sich doch bald, dafs die zur Verfügung stehende Wasserkraft viel zu schwach

Digitized by Google

war. Göranson beschlofs deshalb, einen neuen Versuchsofen auf dem der Firma Elfstrand & Komp., welche das Patent für Schweden von Bessemer erworben hatte, gehörigen Eisenwerke zu Edsken in Gestrickland zu erbauen. Im Mai 1857 reiste er nach England, um sich mit Bessemer zu beraten und dessen Versuche zu Baxter anzusehen. Er erwarb einen Anteil an Bessemers schwedischem Patent, sowie eine 24pferdige Dampfmaschine von Galloway & Komp. und einen Konverter nach Bessemers Konstruktion, um sie in Edsken aufzustellen. Nachdem die baulichen Einrichtungen getroffen waren, konnte Göranson am 10. November 1857 mit seinen Versuchen beginnen, die aber nur teilweise befriedigten.

Nach einem Bericht von Troilus war dieser erste Versuchsofen ein eiserner, ausgemauerter Cylinder von 2,5 Fufs Durchmesser und 4 Fufs Höhe, der in 2 Zapfen hing, die in Lagern beweglich waren. Er hatte 10 Formen in 2 Reihen, in der unteren 6, in der oberen 4. Die gufseiserne Eingufsform stand auf einem fahrbaren Wagen. Das Eingiefsen des Roheisens dauerte 2 Minuten. Nachdem der Wind angelassen war, entströmte unter schwachem Aufkochen eine blaurote Flamme, diese wurde nach 5 Minuten heller und war nach 8 Minuten von einem bräunlichen Rauche begleitet. Nun kam die Masse in heftiges Kochen unter starkem Geräusch und Auswurf eines Stromes heller Schweifsfunken, gemischt mit anderen matten rötlichen Funken, die auch früher erloschen. Dieses Aufkochen dauerte 18 Minuten; es nahm dann ab und nach weiteren ca. 5 Minuten war die Zeit zum Abstich gekommen; dieser dauerte 2 Minuten. Das entkohlte Eisen floís bei der ersten Charge träge und erstarrte zum Teil schon in den Trichtern; bei der zweiten Charge war es aber schon dünnflüssiger. Dafs das Eisen so matt war, lag hauptsächlich daran, dafs man weifses Roheisen verwendete.

Da dieser Konverter unpraktisch und schwerfällig war[1]), so erbaute Göranson mit dem ihm von Bessemer geschickten englischen Ingenieur einen neuen, nach demselben Princip, wie Bessemers Versuchsofen zu Baxter House in London, aber auf Bessemers Rat mit 2 Reihen von je 6 Düsen; die untere Reihe am Boden, die obere einige Zoll darüber. Dieser Ofen ging aber schlecht. Bessemer riet, den Wind zu verstärken, was Göranson dadurch erreichte, dafs er die oberen Düsen zustopfte und nur die 6 unteren von je $^5/_8$ Zoll Durchmesser offen liefs[2]). Der Erfolg war besser, aber unsicher. Das durch

[1]) Siehe Swank, the Manufacture of Iron in all ages, S. 404, wo ein Brief von Göranson an R. Ackerman abgedruckt ist.

[2]) Siehe Prof. Alex. Müller im Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 82, S. 496.

Digitized by Google

ein Wasserrad betriebene Gebläse gestattete keine weitere Erhöhung der Pressung. Der englische Ingenieur reiste ab. Göransons Versuche, durch noch engere Düsen und kleinere Chargen mehr zu erreichen, waren ebenfalls vergeblich. Die Sache sah recht hoffnungslos aus, bis Göranson, gegen die Meinung aller Ratgeber, den Versuch machte, die Pressung zu vermindern und das Windquantum zu erhöhen. Zu diesem Zwecke ordnete er alle 12 Düsen in einer Reihe am Boden an und vergrößerte ihre Mündungen auf $^7/_8$ Zoll. Der Erfolg war überraschend. Er erhielt ein warmes, flüssiges Metall, von dem sich die Schlacke schön abschied, und das beim Ausgießen ruhig floß. Die Blöcke waren ganz rein und schlackenfrei und ließen sich sehr gut ausschmieden. Die erste Charge nach diesem Verfahren wurde am 18. Juli 1858 erblasen. Seitdem war das Bessemern in Schweden fest begründet. 15 Tonnen von diesem Stahl schickte Göranson an das Stahlwerk von Bessemer & Komp. in Sheffield, wo es sich als ein vorzügliches Material erwies, das sich zu Messern, Scheren, Rasiermessern, Werkzeugen und Blechen verarbeiten ließ.

Während Bessemer diesen ersten Triumph in Schweden feierte, wurden in Schottland auf Coats Eisenwerken bei Glasgow ebenfalls Versuche im großen gemacht, die aber fehlschlugen. Dr. Stevenson Macadam hat darüber in der Royal Scotsh Society of Arts Bericht erstattet[1]). In dem Versuchsofen zu Dundyvan wurden 13 Ctr. 36 Pfd. Roheisen Nr. 2 mit kaltem Wind und 15 Pfund Pressung in 89 Minuten gar geblasen. Man erhielt 3 Ctr. 86 Pfd. entkohltes und 1 Ctr. 96 Pfd. übergelaufenes Eisen. In dem darauf auf Coats Eisenwerk erbauten runden Ofen wurden 7 Ctr. Roheisen mit 12 Pfd. Pressung, die aber bis auf 5 Pfd. sank, in 30 Minuten verblasen. Das Eisen war, wie das von Dundyvan, kaltbrüchig. Macadam kam zu dem Schluß, daß ein gewöhnliches Feineisenfeuer dieselbe Wirkung habe, wie einer von Bessemers Öfen, daß es gar nicht möglich sei, durch diesen Prozeß die fremden Substanzen aus dem Roheisen abzuscheiden, und daß er sich höchstens als Vorbereitung für den Puddelprozeß empfehle.

Um dieselbe Zeit sprach sich dagegen Tunner in Österreich schon ganz entschieden für die Bedeutung, Neuheit und Durchführbarkeit des Bessemerprozesses aus und sagte bestimmt voraus, daß durch denselben früher oder später eine große Reform in der Praxis des Eisenhüttenwesens herbeigeführt werde[2]).

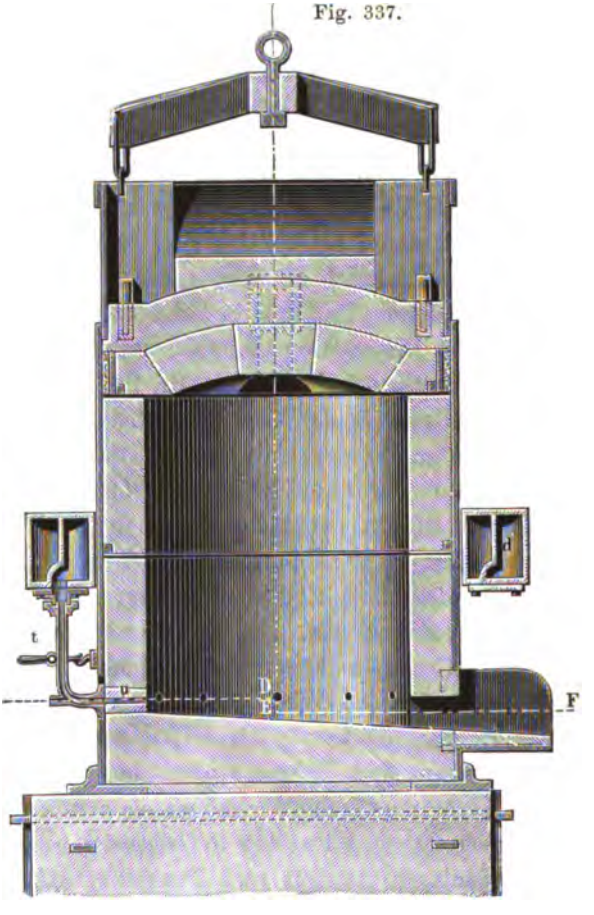
---

[1]) Siehe Mechanics Magazine 1857, Nr. 1746; Österreich. Zeitschr. V, S. 350.
[2]) Tunners Jahrbuch 1857, V, S. 256.

Digitized by Google

Die einzigen Erfolge, die Bessemer im Jahre 1858 erzielte, waren also die günstigen Ergebnisse der Versuche in Schweden. Die Kunde von denselben hatte sich rasch verbreitet. Die Augsburger Allgemeine Zeitung vom 5. Februar 1858 schrieb: „Sicher ist, dafs durch das Experiment bei Edskens Hochofen das Bessemerproblem zufriedenstellend gelöst wurde. Der so bereitete Stahl scheint allen Anforderungen zu genügen und das Eisenkontor hat zur weiteren Anwendung der Methode eine Anleihe von 55 000 Thalern hergegeben und zwei Personen ausersehen, welche die Proben überwachen und Bericht erstatten sollen.“ Dieses Eingreifen des Jernkontors war von der gröfsten Wichtigkeit, denn Göranson war durch die ungünstige Geschäftslage des Jahres 1857 zurückgekommen und aufser Stande, aus eigenen Mitteln die Versuche fortzusetzen. Hier bewährte sich wieder einmal das segensreiche Wirken der schwedischen Institution der Genossenschaft der Eisenhüttenleute für rechtzeitige Hülfe in einem wichtigen Falle, wofür die ganze Welt Schweden zu Dank verpflichtet ist. Die Sachverständigen waren Troilus und Grill, von denen namentlich letzterer sich die gröfsten Verdienste um die Entwickelung des Bessemerprozesses erworben hat. Er leitete die Versuche und veröffentlichte regelmäfsige Berichte in Jern-Kontorets-Annaler, welche, von P. Tunner ins Deutsche übersetzt, in der

Fig. 337.



Digitized by Google

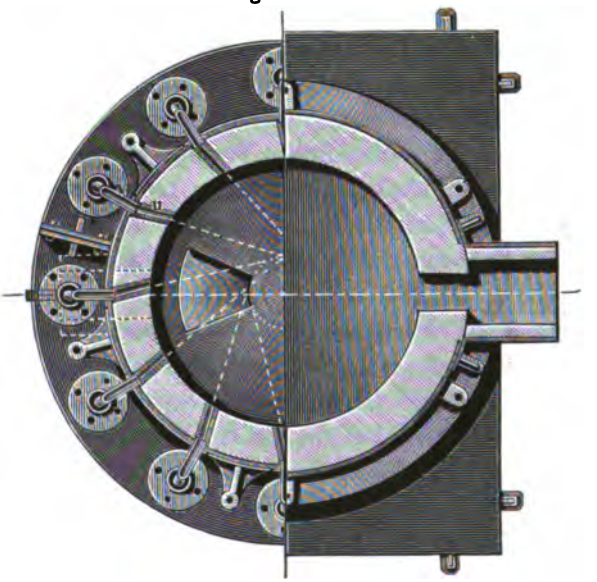
Österreichischen Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen veröffentlicht wurden. Grills erster Bericht ist vom 17. März 1858.

Der Ofen, den man benutzte, war ein feststehender Schachtofen nach Bessemers Zeichnung. Diese stehenden Öfen waren beschwerlicher zu reparieren, gaben aber ein besseres Produkt als die beweglichen. Man hatte Verbesserungen an dem Ofen angebracht, namentlich eine Vorrichtung zur Windabsperrung, so dafs man den Wind in dem Moment, in dem die richtige Gare erreicht war, abstellen konnte, wodurch man nicht mehr unnütz in das gare Eisen blies. Der Erfolg war, dafs man bereits bis zu $^2/_3$ reine Eingüsse erhielt.

Fig. 337 u. 338 zeigen einen schwedischen Bessemerofen, wie er sich aus diesen Versuchen entwickelt hat[1]).

In dem zweiten Berichte Grills, der Anfang September erschien und die Ergebnisse der Versuche bis zum Juli mitteilt, wird gemeldet, dafs man im Juni die obere Formenreihe des Versuchsofens in das Niveau der unteren gesenkt habe. Es gab nur noch eine Formenreihe (Fig. 338), alle Düsen hatten denselben Durchmesser von $^3/_4$ Zoll. Hierdurch wurde ein rascherer Verlauf des Prozesses erzielt. Die frühere hohe Windpressung von 12 bis 14 Pfd. auf den Quadratzoll, bei welcher der Prozefs zu gewaltsam vor sich ging, war durch die Düsenerweiterung auf 6 bis 8 Pfd. heruntergegangen. Hierbei verlief der Prozefs gleichmäfsiger, der Stahl war beim Auslaufen viel flüssiger wie früher, auch war er reiner. Man sortierte ihn in 4 Sorten. Eine Charge wog 16 Ctr.; der Abbrand betrug 12 Proz. Versuche mit erhitztem Wind mifslangen; die Luft wurde durch die Erhitzung zu sehr verdünnt.

Fig. 338.



[1]) Es ist der Ofen nach Siljansfors nach Weddings Abbildung (Eisenhüttenkunde III, Fig. 118 u. 119.)

Digitized by Google

Man war jetzt in Edsken soweit, daſs man einen regelmäſsigen Betrieb aufnehmen konnte. Derselbe wurde so geführt, daſs man den Prozeſs unterbrach, sobald die richtige Gare des Stahls erreicht war.

Tunner machte in Deutschland Mitteilungen über diese Erfolge und William Fairbairn sagte in seinem Berichte über die Fortschritte der mechanischen Technik, den er im September 1858 vor der British Association erstattete, „seit dem Bekanntwerden des Verfahrens von Bessemer sind solche Fortschritte darin gemacht worden, daſs jetzt der Übergangszustand von dem alten Verfahren des Ausschmelzens, Feinens und Puddelns zu der direkten kontinuierlichen Betriebsweise eingetreten ist. Stahlplatten und Stahlstangen werden jetzt ohne Beihülfe eines langwierigen Zwischenprozesses dargestellt, daher mit Grund anzunehmen ist, daſs das Guſseisen für den Maschinenbau etc. durch einen ganz neuen Artikel ersetzt werden wird, welcher den Vorteil einer bedeutend gröſseren Widerstandsfähigkeit gewährt. Bessemers Entdeckungen haben sich bereits als sehr vorteilhaft für die Industrie erwiesen und es läſst sich zuversichtlich die Einführung groſser Verbesserungen erwarten, wodurch Stahl in Platten und Stäben fast zu demselben Preise erzeugt werden kann, zu welchem wir jetzt das beste Stabeisen herzustellen vermögen[1])". Dies war endlich einmal ein erlösendes Wort aus maſsgebendem Munde in England! Ein solches war aber auch sehr nötig, denn die Erfahrungen in England waren sehr zu Ungunsten des Verfahrens ausgefallen, und Bessemer selbst stand im Sommer 1858 nach Göransons Angabe noch auf dem Punkte, daſs er das im Konverter erblasene Metall in Wasser goſs und die erhaltenen Granalien in Tiegeln umschmolz.

Der dritte Bericht von Grill erschien Ende des Jahres 1858. Seit dem 12. Juli führte man einen ganz regelmäſsigen Betrieb zu Edsken und wurden vom 12. Juli bis zum 12. Dezember in 143 Betriebstagen 584 Chargen von ca. 9310 W.-Ctr. verblasen. Der Abbrand betrug etwa 12 Proz. Man stellte einen dritten Ofen auf. Das Roheisen wurde aus reinem Magneteisenstein erzeugt. Der daraus erzeugte Stahl war so flüssig, daſs man direkt Herzstücke damit gieſsen konnte; dabei war er leicht zu bearbeiten und vertrug wiederholte Schweiſshitzen ohne Einbuſse an Festigkeit und Härte. Um blasenfreie Güsse zu erhalten, goſs man teils mit aufsteigendem Strom, teils leitete man das Metall mittels eines Trichterrohres bis in die Mitte der Form. Die Guſsblöcke

[1]) Mechanics Magazine 1858, p. 1814; Dinglers Journal 1859, 2. Februarheft.

Digitized by Google

wurden unter dem Dampfhammer zu Quadratstäben von $2^1/_4$ Zoll Seitenlänge ausgeschmiedet. Diese wurden dann unter Schweifs- und Formstreckhämmern weiter verarbeitet. Die Charge wog 15 Ctr. und war in 7 bis 10 Minuten beendet. Der erhaltene Stahl wurde dem englischen Gufsstahl gleichgeschätzt.

Mit dem Jahre 1859 begann Bessemers gesunkener Stern wieder zu steigen. Er hatte sich, nachdem die Versuche, welche die Käufer seines Patentes angestellt hatten, mifslungen waren und dieselben davon abstanden, noch weiteres Geld an kostspielige Experimente zu hängen, gezwungen gesehen, selbst eine Fabrik zu erbauen, um zu beweisen, dafs die Sache ging. Dies that er in Verbindung mit Longsdon, Allen und den Herren Galloways zu Sheffield.

Anfangs fiel es ihm schwer, Absatz für sein Produkt zu finden. Der billige Preis seines Stahls, der auch allmählich besser wurde, verschaffte ihm aber mit der Zeit doch Kundschaft, und wir sehen aus der oben angeführten Äufserung Fairbairns, dafs er im Herbst 1858 schon ziemliche Fortschritte mit seiner Fabrikation gemacht hatte.

Nachdem auch die Erfolge in Schweden bekannt geworden waren, faíste Bessemer den Mut, zum zweitenmal mit seiner Erfindung vor das grofse Publikum zu treten.

Am 10. und 17. Mai 1859 hielt er zwei Vorträge in der Institution of Civil Engineers zu London. Er rechtfertigte sein Schweigen durch sein Bestreben, die Einwürfe seiner Gegner durch praktische Erfolge zu widerlegen. Man habe die Erfolglosigkeit der ersten Versuche dem Verbrennen des Metalls, der Abwesenheit von Schlacke und der krystallinischen Struktur des Produktes zugeschrieben. Dies sei aber nicht richtig. Die einzige wirkliche Schwierigkeit sei der Gehalt an Schwefel und Phosphor, die durch das Blasen nicht entfernt würden, gewesen. $^1/_{10}$ Proz. Schwefelgehalt mache das Eisen schon rotbrüchig. Über die Mittel zur Abscheidung dieser Stoffe habe er viele Versuche gemacht. Dampf und Wasserstoffgas verminderten den Schwefelgehalt und Flüsse von Eisenoxydul- und Manganoxydulsilikaten bewirkten eine Verringerung des Phosphorgehaltes. Die gemachten Erfahrungen führten aber vor Allem zu einer sorgfältigen Auswahl der Roheisensorten und in dieser Richtung habe ihn besonders Herr Longsdon unterstützt. Mit bestem schwedischem Roheisen habe man vortrefflichen Stahl erzeugt. Auf Grund dieser Beobachtung sei ein Werk in Sheffield errichtet worden und dort Stahl fabriziert, durch dessen Güte man das herrschende Vorurteil teilweise besiegt habe.

Digitized by Google

Um besseren Werkzeugstahl zu machen, goſs man den erblasenen Stahl in Wasser und schmolz die Granalien in Tiegeln zu Guſsstahl um. In England würde ein für den Bessemerprozeſs sehr geeignetes Roheisen zu Workington (Cumberland) dargestellt, welches in letzterer Zeit hauptsächlich verarbeitet worden sei. Auch die Werke zu Cleator-Moor, zu Weardale und Forrest of Dean lieferten gute Roheisensorten. Der Behälter sei jetzt eine Retorte, die in Achsen hänge. Dieselbe bestehe aus einem Blechmantel, der innen mit Chausseestaub ausgefüttert sei. Ein solches Gefäſs halte 30 bis 40 Stahlchargen aus. Die Retorte werde beim Beginn der Operation so gekippt, daſs die Formen über dem Metallbade stünden. Dann lieſs man den Wind an und richtete das Gefäſs auf. Der Sauerstoff der Luft oxydierte den Kohlenstoff und das Silicium. In 10 bis 12 Minuten würde die höchste Hitze erreicht. Die Entkohlung lasse sich mit groſser Genauigkeit durch eine Gasuhr regulieren, welche auf einem Zifferblatt die Anzahl der Kubikfuſs der eingeblasenen Luft zeige. Hierdurch könne man Stahl von jeder Beschaffenheit und Härte mit der gröſsten Sicherheit darstellen. Sobald das Metall nach der Uhr die gewünschte Entkohlung erlangt habe, werde das Gefäſs gekippt und das Metall in eine Gieſspfanne, welche am Boden durch einen Pfropf geschlossen war, ausgegossen.

Bessemer zeigte viele Proben, namentlich auch Stahlblech vor. Für die schweren Schiffsbleche, welche bei der seitherigen Fabrikation sehr teuer waren, habe es sich besonders bewährt. Ebenso für Kanonen. Bessemer goſs direkt Cylinder und erhielt so Kanonenrohre ohne Schweiſsnähte. Oberst Eardley Wilmot zu Woolwich habe sich für diese Sache besonders interessiert. In Schweden habe die Firma Daniel Elfstrand & Komp. das Patent erworben und arbeite zu Edsken mit dem besten Erfolge. Ebenso hätten James Jackson et fils das Bessemerverfahren jetzt in der Nähe von Bordeaux eingeführt und wollten es auch in groſsem Maſsstabe bei den Hochöfen im Departement des Landes verwenden. Sehr gute Resultate habe man auch mit Roheisen aus Algier und aus dem Siegerland erzielt. In Belgien mache man zu Lüttich Stahl aus dortigem Koksroheisen. Es war dies Eisen von der Hütte Esperance, welches ein Herr Margeston mit Erfolg verarbeitete.

Der Eindruck dieses zweiten Vortrages Bessemers war ein bedeutender, aber das Miſstrauen gegen das neue Verfahren war in England so tief gewurzelt, daſs es trotzdem nur ganz allmählich schwand. Das energische Eintreten des Obersten Eardley Wilmot für den

Digitized by Google

Bessemerstahl und die vortrefflichen Resultate, die derselbe in Woolwich damit erzielt hatte[1]), wirkten sehr vorteilhaft für Bessemers Sache.

Ebenso günstig lauteten Grills Berichte aus Schweden von 1859[2]). Dort hatte man bereits durch Erfahrung die geeignetsten Roheisensorten kennen gelernt und zwar hatte sich hellgraues bis halbiertes am besten bewährt. Die Kontrolle nach der Blasezeit hatte sich als unzuverlässig herausgestellt, weil die Bedingungen zu verschieden waren. Ein besseres Erkennungszeichen bildete die Erscheinung der Flamme und der Funken. Vor dem Eintreten des Aufkochens sind die Funken lang und kometenartig. Bei dem Aufkochen erscheinen weifse, wollige Funken mit einem bestimmten Centrum, die beim Fortschreiten des Prozesses bestimmtere Umrisse erhalten. Später nehmen die Funken mehr und mehr ab und werden klein, weifs und rund. Bei gutem Verlauf zeigt die Flamme gegen das Ende gar keine Funken mehr. Die ausgeworfenen Eisentropfen sind anfangs dunkelrot und zerspringen in der Luft, später hell, ohne zu zerspringen.

Nach Tunners Erklärung findet auch bei dem Bessemerprozefs ein Schlackenfrischen statt. Aus Eisen und Silicium bildet sich durch Oxydation basische Eisenoxydulschlacke, deren plötzliche teilweise Zersetzung durch den Kohlenstoff des Eisens dann das Aufkochen infolge vermehrter Gasabscheidung bewirkt. Die rasche Abnahme des Kohlengehaltes gegen das Ende des Prozesses war auch durch Analysen nachgewiesen worden. Die zuerst durch die Verbrennung von Silicium und Eisen entwickelte Wärme bleibt ganz in der flüssigen Masse, während die durch die Oxydation des Kohlenstoffs entwickelte gröfstenteils mit den Verbrennungsgasen entweicht. Deshalb findet auch während der Kochperiode keine Temperaturzunahme statt. Nach Beendigung des Entkohlungsprozesses liefert nur noch verbrennendes Eisen Wärme. Tunner berechnet, dafs von der ganzen eingeblasenen Luftmenge etwa 75 kg Sauerstoff, bei ca. 1000 kg Einsatz $^1/_2$ Proz. Silicium, 3 Proz. Kohlenstoff und 8 Proz. Eisen verbrennen. Es ist deshalb eine ziemlich grofse Luftmenge nötig, daher der bessere Gang bei weiteren Düsen und stärkerem Blasen. Ein Mangangehalt erwies sich als sehr nützlich.

Der Bessemerprozefs hat die Eisenindustrie von der Handfertigkeit des Arbeiters unabhängig gemacht und das Frischen ausschliefslich der Intelligenz unterstellt.

Die Wirkung der Erfolge von 1859 machten sich 1860 durch eine

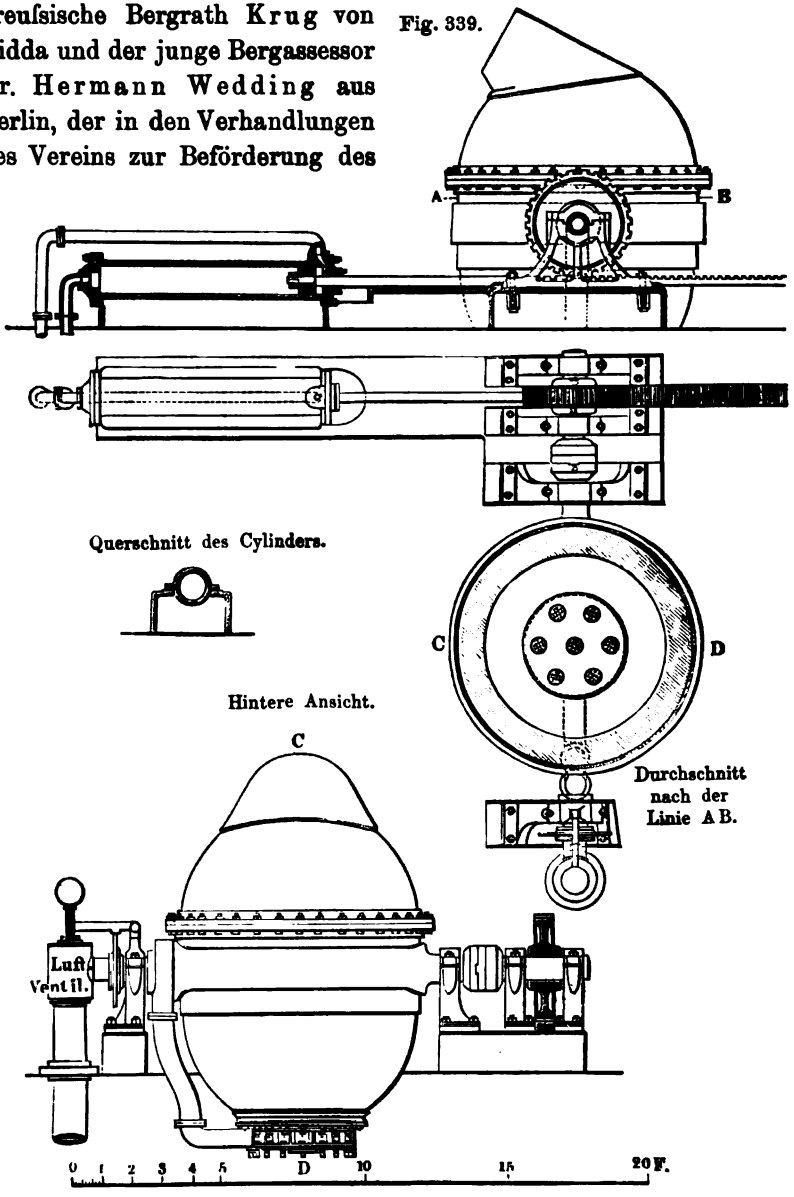
[1]) Vergl. Jeans, Steel, S. 73, 75, 82.

[2]) Siehe Jernkont.-Annal. 1859 und Tunners Jahrbuch 1861, X, 201.

Digitized by Google

immer allgemeinere Anerkennung der grofsen Bedeutung des Bessemerprozesses geltend. Fremde Ingenieure kamen nach England, um das Verfahren kennen zu lernen. Unter diesen befand sich auch der preufsische Bergrath Krug von Nidda und der junge Bergassessor Dr. Hermann Wedding aus Berlin, der in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des

Fig. 339.



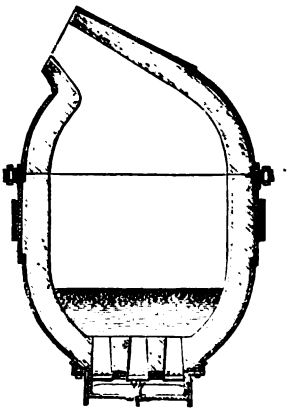
Gewerbefleifses von 1860 einen Bericht über das Bessemern in England veröffentlichte. Danach geschah der Prozefs zu Sheffield in Kippgefäfsen, sogenannten „Birnen“ (converters), die in Achsen hingen.

Digitized by Google

Jede Birne verlangte 15 Pferdekräfte für das Gebläse. In $2^1/_2$ Stunden wurden 25 Ctr. verblasen, gegossen u. s. w. Der Abbrand belief sich auf etwa 20 Proz. Der Preis des Bessemerstahls betrug nur zwei Drittel des gewöhnlichen.

Der Wind wurde durch die hohle Achse dem am Boden festgeschraubten Windkasten zugeführt und strömte von da durch ein System von sieben feuerfesten Formen (Fernen) mit je fünf Öffnungen in den Schmelzraum. Das Roheisen wurde in einem Flammofen eingeschmolzen, in eine Pfanne abgestochen und aus dieser in den geneigten Konverter geschüttet, sodann der Wind angelassen und das Gefäfs aufgerichtet. Das Blasen dauerte 18 bis 24 Minuten. War der Prozefs vollendet, so gofs man wieder, nachdem man den Ofen geneigt hatte, etwas graues Roheisen ein, um die Masse zu beruhigen, blies einen Augenblick und kippte dann zum Ausgiefsen in eine Pfanne, die hydraulisch bewegt wurde. (Aus Dr. H. Weddings ungedrucktem Reisebericht von 1860.)

Fig. 340.



Am 1. März 1860 hatte Henry Bessemer ein Patent (Nr. 578) auf seinen verbesserten Konverter, das retortenähnliche Gefäfs, welches nach seiner Gestalt als Bessemerbirne bezeichnet wurde, genommen und dasselbe genau in Wort und Zeichnung beschrieben.

Diese Beschreibung ist allgemein bekannt und begnügen wir uns deshalb damit, in Fig. 339 und 340 die Abbildungen davon zu geben.

Hiermit war die Entwickelungsgeschichte des Bessemerprozesses zu einem vorläufigen Abschlufs gelangt.

Cement- und Gufsstahlfabrikation 1851 bis 1860.

Wir wenden uns nun zu den Fortschritten der Cement- und Gufsstahlfabrikation in den 50er Jahren.

Die Cementstahlfabrikation bildete noch die wichtige Grundlage der Gufsstahlfabrikation; mit der wachsenden Bedeutung der letzteren hatte auch die erstere sehr zugenommen. Schweden, welches früher nur das Stabeisen für die Bereitung des Cementstahls geliefert hatte, stellte nun diesen selbst dar. 1850 exportierte es bereits 43 000 Ctr. Cementstahl. 1851 führte P. Tunner diese Fabrikation auch zu Eibiswald in Steiermark ein. Er fand dabei einen Zusatz von $^1/_2$ Proz.

Digitized by Google

Pottasche und Kochsalz für sehr vorteilhaft. In grofsartiger Weise hatte die Cementstahlfabrikation in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zugenommen. Pittsburg und Philadelphia lieferten anfangs der 50er Jahre bereits jährlich 140000 Ctr.

Der amerikanische Professor A. K. Eaton erfand ein Verfahren, Stabeisen durch Cyangas zu kohlen. Dabei wurden die Stäbe in Holzkohlen gepackt, welche mit gelbem Blutlaugensalz oder einer anderen Cyanverbindung vermischt waren und einer hohen Temperatur ausgesetzt. Es geschah dies in Tiegeln.

Eaton erfand auch ein eigentümliches Verfahren, Stahl durch Entkohlung von Gufseisen zu erhalten. Er entdeckte, dafs, wenn man Spiegeleisen in geschmolzenem kohlensaurem Natron kochte, es sich in Stahl verwandelte. Die Operation geschah in gufseisernen Kesseln und konnte man durch längere oder kürzere Behandlung beliebige Härtung erzeugen. Gewöhnlich dauerte das Kochen etwa 24 Stunden. Ein Gemenge von Soda und Aetznatron war am besten.

Eaton bediente sich auch der Kohlensäure als Entkohlungsmittel. Er brachte in eine Retorte auf den Boden Kalkstücke, darüber Gufseisenstücke, und glühte. Das entweichende Gas war entzündlich. Sobald es aufhörte, dies zu sein, war der Prozefs beendigt. Das Verhältnis von Kohlensäure zu Eisen betrug 66:690 dem Gewichte nach. Zusatz von Eisenoxyd vermehrte die Menge des erzeugten Gases. Das „Sodaverfahren", sowie die anderen erwähnten Methoden von Eaton, wurden in Amerika im grofsen ausgeführt.

In England suchte man mehrfach die Cementation von Stabeisen und die Gasfabrikation zu vereinigen (Patent von W. Dick vom 22. August 1850). Auch war man bestrebt, durch die Anwendung von Retorten einen kontinuierlichen Betrieb zu erzielen (Patent von Th. W. Dodds am 7. Mai 1853). Ebenso wurde die Cementation durch Gas immer wieder versucht.

Watson und Profser wollten die Cementation durch Anwendung eines elektrischen Stromes verbessern (Engl. Patent vom 1. Januar 1853).

Ch. Binks wollte die Überführung des Schmiedeeisens in Stahl dadurch bewirken, dafs er die glühenden Bleche während des Durchwalzens mit stickstoffhaltigen Kohlenstoffverbindungen, am besten mit Blutlaugensalz, bestreute und dies öfter wiederholte. Es war dies eine andere Form der gebräuchlichen Verstählung der Oberflächen (Patent vom 14. November 1856).

Auf dem württembergischen Eisenwerk Friedrichsthal wurde 1855 ein Cementierofen erbaut, der mit Hochofengasen erhitzt wurde. Der

Digitized by Google

Gasverbrauch war nicht bedeutend, so dafs mit den abgezogenen Gichtgasen desselben Hochofens noch ein Feineisenfeuer und ein Warmwindapparat betrieben werden konnten.

In der Gufsstahlfabrikation leistete Krupp das Gröfste und erwarb sich hohe Verdienste, sowohl um die vermehrte Anwendung des Gufsstahles als auch um die Verbesserung seiner Herstellung. Auf die Verwendung des Gufsstahles zu Eisenbahn- und Schiffsachsen, zu Radbandagen, Grubengestängen u. s. w., welche Krupp einführte, haben wir schon früher hingewiesen. Am 21. März 1853 hatte er von der preufsischen Regierung ein Patent für Radbeschläge aus Gufsstahl ohne Schweifsung erhalten.

Die gröfste Mühe gab er sich, Gufsstahl als Geschützmetall zur Geltung zu bringen. Er hatte hierbei grofsen Widerstand zu überwinden und fest gewurzelte Vorurteile zu bekämpfen, aber er liefs sich, erfüllt von der allgemeinen und nationalen Bedeutung seines Unternehmens, keine Mühe noch Kosten verdrieſsen, um sein Ziel zu erreichen. 1847 bereits schickte Krupp ein 3-Pfünder-Geschütz mit Gufsstahlkernrohr an das preufsische Kriegsministerium nach Berlin, das aber kaum Beachtung fand. Die öffentliche Aufmerksamkeit zog Krupp zuerst durch seine auf der Londoner Ausstellung von 1851 ausgestellte 6-Pfünder-Kanone von Gufsstahl auf sich. Er machte sie dem König von Preufsen zum Geschenk, der sie 1853 im Zeughause zu Berlin aufstellen liefs, wo sie allgemeine Bewunderung erregte. In demselben Jahre besuchte der Prinz von Preufsen, der nachmalige deutsche Kaiser Wilhelm I. zum erstenmal die Kruppsche Gufsstahlfabrik. Es war dies ein wichtiges Ereignis im Hinblick auf die weitere Entwickelung beider Männer und die Zukunft Deutschlands. Indessen war das Vorurteil gegen die Gufsstahlkanonen und die Vorliebe für Bronzegeschütze damals namentlich in Preufsen noch zu allgemein.

Der erste höhere Artillerieoffizier, der sich ganz und rückhaltslos für Krupps Gufsstahlgeschütze aussprach und ihre hohe Bedeutung für die zukünftige Entwickelung der Artillerie erkannte und verkündete, war der braunschweigische Oberstlieutenant Georg Orges im Jahre 1854. „Ich stehe nicht an, zu behaupten“, schrieb er nach den Versuchen mit dem ersten Kruppschen 12-Pfünder, „dafs die aus westfälischen Erzen gewonnenen Kruppschen Gufsstahlrohre mehr leisten, als bis jetzt die besten Bronzerohre, dafs ihre Einführung in die deutschen Feldartillerien den gröfsten Vorteil gewähren, ihre Aufnahme in die Festungs- und Belagerungsartillerie, sowie auch vorzüglich bei den Piro-Schiffsgeschützen von grofsem Nutzen sein,

Digitized by Google

namentlich aber auch dazu dienen würde, der deutschen Eisenindustrie Millionen zuzuwenden und uns in Beziehung eines wichtigen Kriegsbedürfnisses unabhängig vom Auslande zu machen[1])." Diese Worte des klarblickenden Mannes haben sich voll und ganz bewahrheitet. Sie gaben damals wenigstens Veranlassung, dafs die deutschen Bundesstaaten den Kruppschen Stahlgeschützen erhöhte Aufmerksamkeit schenkten. Krupps vortreffliche Ausstellung zu München im Jahre 1854 trug hierzu ebenfalls bei. Bayern, Württemberg und Österreich erkannten Krupps Verdienst durch Auszeichnungen an, während sich merkwürdigerweise der Chef des Artilleriewesens in Preufsen, General von Hahn, ablehnend verhielt, ja sogar sich abfällig über die Gufsstahlgeschütze äufserte.

Krupps glänzende Ausstellung auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1855 wirkte aber durchschlagend. Der Gufsstahlblock, den er hier ausstellte, wog 100 Ctr., mehr als das Doppelte von dem, der in London so grofse Bewunderung erregt hatte. Die 12pfündige Granatkanone übertraf bei dem Probeschiefsen die höchsten Erwartungen. Die übrige Ausstellung an Gufsstahlartikeln war an Umfang und Mannigfaltigkeit bedeutender wie jede frühere; sie bildete den Glanzpunkt der Metallabteilung. In dem preufsischen Ausstellungsberichte heifst es: „Bei den ganz aufserordentlichen Leistungen von Krupp in der Darstellung von Walzen, Achsen, Bandagen und ganz schweren Stücken von Gufsstahl von einer vorzüglichen Beschaffenheit ist auf diese Weise der Beweis geliefert, dafs Preufsen die Mittel besitzt, auch künftighin jeder Konkurrenz in der Stahlproduktion entgegenzutreten und die Stahlfabrikation in Solingen, Remscheid und der Enneper-Strafse zu erhalten und mit inländischem Material zu versorgen."

Alle gröfseren Staaten Europas machten nun Versuche mit den Kruppschen Gufsstahlgeschützen. Ägypten war aber der erste Staat, der eine gröfsere Anzahl von Kanonen bezog. Trotz der Beweise ihrer Vortrefflichkeit dauerte es bis 1859, ehe man sich zur Einstellung gufsstählerner Geschützrohre in die preufsische Armee entschlofs und zwar geschah die erste grofse Bestellung von 300 gezogenen Feldgeschützen aus Gufsstahl auf unmittelbare Veranlassung des damaligen Prinz-Regenten, des späteren Kaisers Wilhelm des Grofsen.

Früher hatte Krupp sogenannte Mantelgeschütze verfertigt, bei denen nur das innere Rohr von Gufsstahl, der Mantel aber von Gufs-

[1]) Siehe D. Bädecker, Alfred Krupp, 1889, S. 30.

Digitized by Google

eisen war. Nach der Pariser Ausstellung ging man dazu über, das ganze Rohr mit Schildzapfen aus einem Gufsstahlblock zu schmieden. 1856 erfand Alfred Krupp auch eine Stahllafette für seine Kanonen, wofür er ein Patent in Preufsen erhielt.

Um diese Zeit vollzog sich eine wichtige Reform im Artilleriewesen, indem man zu gezogenen Rohren überging. Hierfür war der Gufsstahl besonders geeignet. Wie bei der preufsischen Artillerie 1851 die gezogenen Rohre der Handfeuerwaffen auf die Geschütze übertragen wurden, um ebenfalls eine gröfsere Schufsweite zu erzielen, so versuchte man auch das System der Hinterlader bei der Artillerie einzuführen. Der schwedische Offizier und Hüttenbesitzer Baron von Wahrendorf hatte schon 1846 ein Hinterladungsgeschütz konstruiert und der von ihm angegebene Verschlufs mit federndem Stahlring blieb lange Zeit mustergültig. 1853 erhielt der Amerikaner Eastman ein Patent für eine Hinterladungskanone mit Schraubenverschlufs, mit welcher die englische Regierung zu Woolwich Versuche anstellen liefs, die günstig ausfielen. Lord Panmure belohnte den Erfinder und kaufte ihm das Patent ab. Ebenso wendete Preufsen, welches dieses Princip bei seinen Handfeuerwaffen bereits angenommen hatte, dieser Frage seine Aufmerksamkeit zu. Die ersten Gufsstahlblöcke für Hinterlader bestellte die preufsische Regierung im Jahre 1855 bei Krupp. Die ersten Gewehrläufe aus Gufsstahl für die preufsische Armee lieferte dagegen Louis Berger in Witten an Dreyse in Sömmerda gegen Ende der 50er Jahre, obgleich Alfred Krupp bereits 1843 eigenhändig zwei Gewehrläufe aus seinem Gufsstahl geschmiedet und dem preufsischen Kriegsministerium zugeschickt hatte, das diese aber zurückwies.

Die aufserordentliche Leistungsfähigkeit der Kruppschen Gufsstahlfabrik und ihr grofser Aufschwung beruhten hauptsächlich auf einer einfachen, aber sehr wichtigen Verbesserung Krupps. Es war ihm gelungen, sich von dem Bezug schwedischen Stabeisens zu emancipieren, indem er statt des Cementstahles den vorzüglichen Puddelstahl aus Siegenschem Roheisen als Rohmaterial für seinen Gufsstahl verwendete. Auf seine Veranlassung wurde 1851 die Puddelstahlbereitung auf der königl. Hütte zu Lohe, welcher das beste Roheisen aus reinem Müsener Grunde zur Verfügung stand, eingeführt und sicherte er sich die ganze Produktion für seine Gufsstahlfabrikation. Dadurch verfügte er über ein Material von grofser Güte und Gleichmäfsigkeit und wurde vom Auslande unabhängig.

Ebenso verfolgte Krupp aber auch die Entwickelung des Bessemerprozesses mit der gröfsten Aufmerksamkeit und machte wiederholt

Digitized by Google

Probebestellungen in England, um den Flufsstahl für den Zweck seiner Fabrikation zu versuchen.

Tunner würdigte Krupps Verdienste in seinem Bericht über die Pariser Ausstellung von 1855, indem er ihm nachrühmt, „den Maschinen- und Massen-Gufsstahl nicht blofs zur Geltung gebracht, sondern eigentlich erst erfunden zu haben, indem er es war, welcher zuerst den Gufsstahl in so grofsen Stücken erzeugte und durch die Wahl der Materialien, wie durch die Manipulation jene zähe, weiche Sorte des Gufsstahls zustande brachte, welche im Maschinenbau oft mehr wert ist, als die vorzüglichsten harten Sorten des Instrumenten-Gufsstahls".

Wie sehr die Anwendung des Gufsstahls zunahm, kann man aus dem raschen Wachstum der Kruppschen Fabrik ermessen. 1851 betrug die Arbeiterzahl 192 und die Produktion von Gufsstahl 560000 kg. 1860 betrug die Arbeiterzahl 1764 und die Produktion 4 Mill. Kilogramm. Neben der Kruppschen Fabrik entstanden aber noch andere bedeutende Gufsstahlhütten in Westfalen. Die von Meyer & Kühne zu Bochum, welche 1851 die erste Gufsstahlglocke in Deutschland von 50 Ctr. Gewicht anfertigte, wofür sie 1852 auf der Düsseldorfer Gewerbeausstellung einen Preis erhielt, wurde 1854 in eine Aktiengesellschaft, den Bochumer Verein für Bergbau und Gufsstahlfabrikation, umgewandelt und sehr vergrösert. 1855 stellte dieser zu Paris zwei Gufsstahlblöcke, von denen jeder über 70 Ctr. Gewicht hatte, und drei grofse Gufsstahlglocken, von denen die gröfste 50 Ctr. wog, aus. Diese Gufsstahlglocken riefen das gröfste Erstaunen hervor; man wollte nicht glauben, dafs das Material wirklich Stahl sei, weshalb unter der Leitung von Dr. Steinbeifs aus Stuttgart eine der Glocken verschmiedet wurde.

Diese neue Verwendung des Stahls erregte berechtigtes Aufsehen, wurde aber damals noch als Geheimnis behandelt. Das Material, welches dafür verwendet wurde, war Tiegelgufsstahl und erfolgte das Giefsen bei kleinen Stücken direkt aus den Tiegeln, bei gröfseren aus einer Giefspfanne. Der wichtigste Teil des Geheimnisses bestand in der Formmasse, welche sehr feuerfest sein mufste. Diese Formmasse war eine Erfindung der Gebrüder Matthias und Johann Brandenburg. Da der Stahl viel stärker schwand als Gufseisen, so mufste bei der Herstellung der Formen darauf Rücksicht genommen werden. Man brachte die Saugtrichter an den stärksten Querschnitten an und gab durch rasche Entfernung der Formmasse nach dem Gufs dem Stück Gelegenheit zum unbehinderten Zusammenziehen. Die Herstellung

Digitized by Google

der Stahlgüsse war das Verdienst des Direktors Jakob Meyer. Die Façonstücke, welche man in Bochum aus Stahl gofs, waren aufser Glocken besonders Eisenbahnscheibenräder, die getempert wurden.

1855 machten ferner in Westfalen Gufsstahl: Fr. Lohmann und Berger & Komp., beide zu Witten, Huth zu Hagen und die Johannishütte zu Dortmund.

Massengufsstahl zu erzeugen war das allgemeine Streben in dieser Zeit. Wir haben die Erfindungen von Chenot, Uchatius und Bessemer bereits beschrieben. Verschiedene Werke suchten ordinären Massengufsstahl durch einfaches Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen und Roheisen darzustellen.

Hütteninspektor Stengel zu Lohe bei Müsen hatte schon 1846 und 1847 auf Karstens Veranlassung auf dem Stahlwerk von Huth zu Geitebrück Versuche in dieser Richtung angestellt[1]). Nur mit Spiegeleisen, welches eine gröfsere lösende Kraft für das Stabeisen zeigte, erhielt er gute Güsse. Das Schmelzen mufste möglichst heifs, das Ausgiefsen rasch geschehen. Für weichen Stahl nahm er auf 25 Pfd. Eisen 2 Pfd. Spiegeleisen, für harten, festen Stahl auf 24 Pfd. Stabeisen 8 Pfd. Spiegeleisen. Der so bereitete Stahl, auch der weichste, liefs sich nur schlecht schweifsen. Er gab gute Schneiden, hatte aber geringe Festigkeit und war spröde. Tunner verwarf diese Art der Stahlbereitung, welche man schon 20 Jahre früher zu Murau versucht hatte, weil der so erhaltene Stahl keine Festigkeit besäfse.

Auf dem belgischen Eisenwerk zu Seraing wurde anfangs der 50er Jahre ebenfalls ordinärer Gufsstahl aus passenden Mischungen von Roheisen und Stabeisen erzeugt und 1851 zu London ausgestellt. Er hatte ein gutes Aussehen. Tunner sprach aber dieser Art der Fabrikation ebenfalls den Erfolg ab, was sich auch bald bewahrheitete. Später ging man in Seraing zum Umschmelzen von Puddelstahl über. 1852 gelang es dem Direktor Pasteur, Gufsstahl „ohne jede Verwendung von vegetabilischem Brennstoff" herzustellen.

Price und Nicholson nahmen am 20. November 1855 in England ein Patent, Gufsstahl durch Zusammenschmelzen von gefeintem Roheisen und Stabeisen zu erzeugen, und bald darauf schlug Gentle Brown vor, Gufsstahl aus Schmiedeeisen und Holzkohlenroheisen zu erzeugen. Stirling (Patent vom 19. März 1856) gofs Gufseisen auf eine gleiche Menge Schmiedeeisenstückchen und schmolz das Gemenge in Tiegeln unter Zusatz von Eisenoxyd um.

[1]) Siehe Karstens wichtigen Aufsatz über die Bereitung des Gufsstahls in Karstens und von Dechens Archiv, Bd. 25, S. 218 etc.

Digitized by Google

Von sonstigen Vorschlägen und Verbesserungen der Gufsstahlfabrikation erwähnen wir noch die folgenden.

Tunner hatte 1854 durch Versuche auf dem von Friedauschen Werke zu Mautern nachgewiesen, dafs Gufsstahl in Gasflammöfen geschmolzen werden könne. Um dieselbe Zeit wurden Gasschmelzöfen für Gufsstahl, die einige Jahre zuvor bereits in England Eingang gefunden hatten, bei Borsig in Berlin eingeführt. In Österreich wendete man auf den Gufsstahlhütten zu Eisenerz in Steiermark, St. Egidi in Nordösterreich und Oberfellach in Kärnten vor 1853 überall Schmelzstahl (Rohstahl) als Material für die Gufsstahlbereitung an. In den englischen Gufsstahlhütten war das von Heath vorgeschlagene Mittel, Zusatz von ca. 1 Proz. Mangankarburet, Mitte der 50er Jahre allgemein eingeführt.

J. Talabot und J. M. Stirling (Patent Nr. 1967 vom 15. August 1853) wollten verschiedene Sorten von hartem und weichem Gufsstahl durch Zusatz von Metalloxyden beim Schmelzen des Cementstahls erhalten. Weil es schwierig ist, die Cementation des Stabeisens gerade bis auf den richtigen Punkt zu führen, zogen sie vor, dasselbe vollständig mit Kohlenstoff zu sättigen und den Überschufs desselben dann durch Zusatz von Oxyden beim Schmelzen zu entfernen. Sie schlugen hierfür Eisenoxyd, Manganoxyd, Zinnoxyd und Zinkoxyd vor. Eisenoxyd sollte man 3 bis 4 Proz., Manganoxyd $^1/_2$ bis 2 Proz. nehmen; ein Zusatz von 0,1 bis 0,2 Proz. Zinnoxyd sollte den Stahl hart, und von 0,02 bis 0,04 Proz. Zinkoxyd denselben zähe machen.

J. D. M. Stirling nahm dann am 6. Februar 1854 für sich ein Patent auf ein Verfahren, Stahl durch Schmelzen von Roheisen mit Eisenoxyd zu bereiten (Erzstahl), wobei Zusätze von Zink, Zinn Wismut, Antimon oder Arsenik die Güte des Stahls verbessern sollten.

Der Amerikaner Cumming Thomas erzeugte Stahl durch Zuschlag eines Gemenges von Kochsalz, Blutlaugensalz und doppeltchromsaurem Kali zu geschmolzenem Roheisen und glühendem Frischeisen.

Farrar in New York schmolz Holzkohlenstabeisen mit 2 Tln. Salmiak und 1 Tl. Cyankalium zusammen, wozu er mitunter noch Mangan setzte. Nach dieser Methode wurde von der Damaskus-Eisen- und Stahl-Kompanie guter Gufsstahl zu einem Preise von 28 £ die Tonne geliefert. Diese Methode fand nicht nur in Amerika, sondern auch in England und Frankreich Eingang.

1858 tauchte der Wolframstahl auf, den Franz Mayr zu Leoben zuerst im grofsen darstellte. Er war bedeutend schweifsbarer als englischer Gufsstahl, erforderte aber dazu einen hohen Hitzegrad.

Digitized by Google

Die ersten Versuche zu seiner Darstellung hatten J. Jakob und Dr. Köller zu Reichramming 1855 gemacht. Rob. Oxland liefs sich im Juli 1858 die Wolframstahlbereitung in England patentieren, ebenso Robert Mushet. 1860 empfahl Schimmelbusch auch die Fabrikation von Wolframpuddelstahl [1]).

Verbesserte Konstruktionen für Tiegelstahl-Schmelzöfen haben James Jackson & fils zu St. Seurin sur l'Isle angegeben [2]). Jullien konstruierte zu Lorette eine grofse Gufsstahl-Ofenanlage, aus 20 aneinanderliegenden Öfen, jeder für 9 Tiegel, bestehend.

Früher konnte man den Stahl in den Tiegeln nur mit Koks schmelzen. Mit Steinkohlen hatte man erst Erfolg, seitdem man mit Unterwind schmolz. In Frankreich führten dies Petin, Gaudet & Komp., Inhaber des Erfindungspatentes von Debrye, Bouché und Bouillet, zuerst ein. Dieselben versuchten auch den Centrifugalgufs bei dem Stahl anzuwenden, jedoch ohne besonderen Erfolg.

Ein wichtiger Gegenstand war ein gutes Zusammenschweifsen von Gufsstahl und Schmiedeeisen. Hierfür hatte Saunderson in Sheffield 1853 ein Patent genommen. Er erreichte dies 1. durch Anfertigung von Eisenstäben mit Vertiefungen, in welche Stahl eingegossen wurde, 2. dadurch, dafs er den Stahl durch einen eisernen Mantel vor dem Verbrennen während des Schweifsens schützte; 3. dadurch, dafs er die rotglühenden, mit Stahl überzogenen Eisenstäbe preifste, statt sie auszuschmieden, und 4. durch besonders konstruierte Stahlschmelzöfen.

In Frankreich erfanden 1853 F. B. Verdié & Komp. zu Firminy ein Verfahren, Schmiedeeisen mit Gufsstahl zu vereinigen. Ersteres wurde glühend in Formen eingelegt und Gufsstahl darüber gegossen. Auf diese Weise bereitete man Schienen mit einer Kopfplatte von Gufsstahl, die zu Werkzeugstahl, besonders für Hobeleisen etc., ausgewalzt wurden.

Mushet schlug vor, reines Roheisen durch Einleiten von Luft zu entkohlen, die geschmolzene Masse zu granulieren und die Granalien mit Spiegeleisen im Tiegel zu Gufsstahl zu schmelzen (Patent vom 16. Dezember 1854). Ein zweites Verfahren bestand darin, reines Roheisen durch Zerstampfen im glühenden Zustande zu granulieren, die Körner mit reinen oxydischen Eisenerzen und Spiegeleisen zu mischen und im Tiegel zu schmelzen. (Patent vom 15. Januar 1859.)

Gegen Ende der 50er Jahre kamen Gufsstahlbleche in allgemeine

[1]) Berggeist 1860, S. 797.

[2]) Siehe Armengaud, Publ. industr., Bd. 9, S. 211. — Polyt. Journ., Bd. 134, S. 206.

Digitized by Google

Aufnahme. 1855 hatten Jackson, Pétin und Gaudet einen Dampfkessel aus Gufsstahlblech, den ersten in Frankreich gefertigten, auf der Pariser Weltausstellung ausgestellt. Die französische Regierung ernannte eine besondere Kommission zur Prüfung dieser wichtigen Neuerung.

Die Fabrikation der Stahlschreibfedern, welche seit den 40er Jahren eine gröfsere Bedeutung erlangte, hatte ihren Hauptsitz in Birmingham. Dort wurden 1855 bereits 1440 Millionen Stück Federn fabriziert.

In der Nadelfabrikation waren die wichtigsten Fortschritte die Herstellung der glatten, eiförmigen Ösen nach dem Patent von Abel Morral und Karl Schleichers 1858 patentierter selbstthätiger Schleifmaschine.

Beste Gufsstahlsorten für Werkzeuge suchte Mushet durch Zusatz von Wolfram und Titan zu erzeugen.

In den 50er Jahren fing man bereits an, den Stahl an Stelle von Schmiedeeisen für konstruktive Zwecke zu verwenden. Auf Alfred Krupps Verdienste um die Verwendung des Gufsstahls für Achsen und Wellen haben wir bereits hingewiesen; derselbe machte zuerst Bergwerkspumpengestänge aus Gufsstahl. 1852 wurde ein Schiff aus Stahlblech für den Rhein erbaut. Das Schiff, mit dem Livingstone einige Jahre später den Zambesi hinauffuhr, war ebenfalls aus Puddelstahl hergestellt. 1858 erbauten Laird & Komp. zu Greenock den ersten Seedampfer aus Stahl, dem bald andere folgten [1]). 1856/57 empfahlen Shortridge, Howell und Jessop von Sheffield ihren weichen Homogenstahl für Schiffs- und Dampfkesselbau, und die Versuche, welche die englische Regierung mit diesem Material anstellte, fielen sehr befriedigend aus. D. Adamson in Manchester machte aus diesem Stahl in den Jahren 1857 bis 1859 eine Anzahl von stationären Dampfkesseln; 1859 baute er auch Lokomotivkessel. Die ersten Stahlschienen in England liefs Mushet auf den Victoria Works, Ebbw-Vale, walzen und wurden dieselben auf der Station Derby verlegt.

[1]) Siehe Jeans, Steel, p. 714.

Digitized by Google

Die Eisenindustrie der einzelnen Länder 1851 bis 1860.

Allgemeines.

Die Geschichte der Entwickelung der Eisenindustrie in den einzelnen Ländern können wir in der Hauptsache nur durch statistische Zusammenstellungen, denen wir kurze Angaben über die wichtigsten Ereignisse beifügen werden, erläutern.

Überblicken wir die politischen Ereignisse und die Lage Europas im fünften Jahrzehnt, so war der Anfang desselben noch beherrscht von den Folgen der Stürme des Jahres 1848. Die Eisenindustrie war gedrückt, die Preise schlecht. Das grofse Friedenswerk der Londoner Weltausstellung im Jahre 1851 übte aber eine segensreiche Einwirkung auf die gesamte Technik aus und leitete eine Periode grofsartigen Aufschwunges für die Eisenindustrie ein. Im Dezember gründete Napoleon III. das zweite Kaiserreich in Frankreich und verkündete der Welt: l'empire c'est la paix. Diese Versicherung und die eifrigen Bemühungen Napoleons für die Beförderung der französischen Industrie, deren Erfolge in der internationalen Ausstellung zu Paris im Jahre 1855 der Welt vor Augen geführt wurden, trugen dazu bei, günstig auf die Entwickelung der Gewerbthätigkeit einzuwirken. Dieselbe wurde auch nur wenig beeinträchtigt durch den orientalischen Krieg von 1853 bis 1856, welcher auf das südöstliche Europa lokalisiert blieb. Dagegen brach im Jahre 1857 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eine grofse Handelskrisis aus, welche nach und nach auch die europäischen Staaten in Mitleidenschaft zog und schwer auf Handel und Industrie drückte. Auch die Eisenindustrie hatte unter den Folgen dieser Krisis zu leiden, was namentlich in den sinkenden Preisen seinen Ausdruck fand, dazu kam der Ausbruch des italienischen Krieges im Jahre 1859. Dieser war indessen rasch beendet und der Abschlufs des Handelsvertrages zwischen Frankreich und England im Jahre 1860 war der Anfang einer neuen Periode

Digitized by Google

des Aufschwunges der Industrie der Weltmächte und des übrigen Europas.

Einen ungeheuren Einfluſs übten die verbesserten Kommunikationsmittel: die Eisenbahnen, Dampfschiffe und Telegraphen aus. Sie verwischten immer mehr den landschaftlichen Charakter der Eisenindustrie und machten sie zu einem internationalen Gewerbe.

England beherrschte den Eisenmarkt und seine Hütten erzeugten mehr Eisen als das ganze übrige Europa zusammen, wie aus folgender Zusammenstellung zu ersehen.

Eisenerzeugung der europäischen Staaten im Jahre 1850 (nach Öchelhäuser).

Groſsbritannien	2250000	Tonnen
Frankreich	533500	„
Ruſsland	248450	„
Deutschland	223600	„
Österreich	199700	„
Belgien	200000	„
Skandinavien	187800	„
Spanien	37500	„
Italien	34500	„
Schweiz	10000	„
Türkei	3500	„
Dänemark	750	„
Portugal	300	„
	3929600	Tonnen.

Hiervon wurden 2712500 Tonnen = 69 Proz. durch Koks erzeugt. Nach der Zusammenstellung des Amerikaners J. D. Whitney in Philadelphia (The metallic wealth of the United-States) übertraf im Jahre 1854 die englische Eisenproduktion die des übrigen Europas und Nordamerikas zusammen, wie aus nebenstehender Tabelle, in welcher auch die von Whitney berechneten Werte beigesetzt sind, zu ersehen ist.

Von Carnall giebt die Eisenproduktion der Erde im Jahre 1854 auf rund 120 Millionen Centner an, wovon entfielen auf Groſsbritannien 48,33, Nordamerika 16,67, Frankreich 9,17, Preuſsen 4,24, Österreich 4,17, Ruſsland 4,16, Schweden und Norwegen 3,33, die deutschen Zollvereinsstaaten ohne Preuſsen 2,08, Spanien, Italien und die Schweiz 1,67, die übrigen Länder 2,00 Proz.

Digitized by Google

Eisenproduktion der Kulturstaaten für 1854:

Länder	Tonnen	Prozente der Gesamtproduktion	Wert in Dollars
Rufsland	200 000	3,4	5 000 000
Schweden und Norwegen	155 000	2,7	3 875 000
Grofsbritannien	3 000 000	51,6	75 000 000
Belgien	300 000	5,2	7 500 000
Preufsen	150 000	2,6	3 750 000
Sachsen	7 000	0,1	175 000
Österreich	225 000	3,9	6 625 000
Übriges Deutschland	100 000	1,7	2 500 000
Schweiz	15 000	0,2	375 000
Frankreich	600 000	10,3	15 000 000
Spanien	40 000	0,7	1 000 000
Italien	25 000	0,4	625 000
Vereinigte Staaten	1 000 000	17,2	25 000 000
	5 817 000	100,0	146 425 000

Die angegebene Produktion würde einen Würfel von 303 Fufs Seite und einen Cylinder von 600 Fufs Durchmesser und 100 Fufs Höhe darstellen; als Schienen könnte man damit zweimal die Erde umspannen.

Der Amerikaner Hewitt hat die Produktion des Jahres 1855 auf 137 788 000 Ctr. angegeben und den Eisenverbrauch für den Kopf der Bevölkerung in

England	auf 144 Pfd.	Skandinavien	auf 30 Pfd.
Nordamerika	„ 117 „	Schweiz	„ 22 „
Belgien	„ 70 „	Österreich	„ 15 „
Frankreich	„ 60 „	Rufsland	„ 10 „
Deutschland	„ 50 „	Spanien	„ 5 „

1856 betrug die Eisenproduktion in

Grofsbritannien	3 586 500 Tonnen
Deutschland (mit Österreich-Ungarn)	784 000 „
Frankreich	600 000 „
Belgien	325 000 „
Schweden und Norwegen	200 000 „
Rufsland	250 000 „
Spanien, Italien und Schweiz	100 000 „
den Vereinigten Staaten von Amerika	1 000 000 „
den sonstigen Ländern der Erde	104 500 „
	6 950 000 Tonnen.

Hiervon wurde etwa noch ein Drittel mit Holzkohlen dargestellt.

Digitized by Google

Da die Zölle einen grofsen Einfluſs ausübten, so ist folgende Zusammenstellung der Eingangszölle für die Tonne Eisen im Jahre 1850 von Interesse:

Länder	Roheisen	Stabeisen	Blech	Stahl
England	zollfrei			
Deutscher Zollverein	1 £	4 £ 10 sh	7 £ 10 sh	12 £
Frankreich	3 £ bis 3 £ 5 sh	7 £ 16 sh 3 d bis 8 £ 10 sh	16 £	50 £
Spanien	1 £ 18 sh bis 2 £ 4 sh 9 d	11 £	3 £ 5 sh bis 4 £ 15 sh	40 £
Österreich	4 £	7 £	7 £ 6 sh	verboten
Vereinigte Staaten	30% ad valorem	7 £ 10 sh	7 £ 13 sh 10 d	—

Einen Überblick über die Preisbewegung im Grofshandel geben nachstehende Durchschnittspreise von schottischem Roheisen für die Tonne in Glasgow:

1850 . . 2 £ 4 sh 4 d	1854 . . 3 £ 19 sh 7 d	1858 . . 2 £ 14 sh 5 d
1851 . . 2 „ 0 „ 8 „	1855 . . 3 „ 10 „ 8 „	1859 . . 2 „ 11 „ 9 „
1852 . . 2 „ 5 „ 3 „	1856 . . 3 „ 12 „ 3 „	1860 . . 2 „ 13 „ 6 „
1853 . . 3 „ 1 „ 3 „	1857 . . 3 „ 9 „ 2 „	

Grofsbritannien 1851 bis 1860.

In England hatte die Eisenindustrie im Jahre 1851 noch mit schlechten Preisen zu kämpfen, und auch 1852 ging das Geschäft noch flau, so daſs in Schottland 12 Hochöfen ausgeblasen worden waren. Im Winter 1852/53 stiegen aber die Eisenpreise fast auf das doppelte und die Industrie nahm einen grofsen Aufschwung.

Die schottische Hochofenindustrie[1]) konzentrierte sich in Glasgow. Dort waren 1851 auf den Hütten von Monkland 9, Dundyvan 9, Gartsherrie 16 und Calder 6 Hochöfen im Betriebe. Im Jahre 1852 standen in Schottland 113 Hochöfen im Feuer, 15 sollten wieder angeblasen werden und 6 neue waren im Bau begriffen. In dem Zeitraume von 1851 bis 1854 betrug die durchschnittliche Jahresproduktion 750 000 Tonnen.

Es wurden

	produziert	verschifft
1851	770 000 Tonnen	452 758 Tonnen
1852	775 000 „	424 068 „
1853	740 000 „	616 308 „

(Von letzterem Quantum gingen 302 038 Tonnen in das Ausland.)

[1]) Preuſs. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen, III, S. 81. Reisebeschreibung von Stentz, ebenso von Eck und Chuchul in Karstens Archiv, Bd. 25, S. 601.

Digitized by Google

	produziert	verschifft
1854	780000 Tonnen	590000 Tonnen
1855	817000 „	527980 „
1856	835000 „	501511 „
1857	918500 „	528717 „
1858	990000 „	560826 „
1859	960000 „	563202 „
1860	1000000 „	566648 „

1860 zählte man in Schottland 175 Hochöfen, von denen 131 im Betriebe waren.

In Süd-Wales erlangten die Anthracithochöfen eine erhöhte Bedeutung.

Die merkwürdigste Erscheinung jener Zeit war aber das rasche Emporblühen der Roheisenerzeugung Nordenglands im Clevelanddistrikt, in der Umgebung von Middlesborough. Dort waren in 5 Jahren 80 Hochöfen erbaut worden. Die Veranlassung hierzu hatte die Entdeckung der groſsen Eisenerzlager Clevelands durch John Roseby 1848 gegeben. 1850 erschürften Bolckow und Vaughan die Eston-Grube und legten 1852 die ersten Hochöfen im Clevelanddistrikt an, denen bald die Hochofenanlage von Bell Brothers zu Port Clarence folgte.

Eine andere wichtige Gründung war die der Hochofenanlage zu Barrow-in-Furneſs, North Lancashire, von Schneider, Hannay & Komp. im Jahre 1859.

Stentz machte 1855 in seinem Reiseberichte folgende Angaben über die Maſse der wichtigsten Hochöfen in Groſsbritannien.

	Ofenhöhe Fuſs	Durchmesser der Gicht Fuſs	Durchmesser des Kohlensacks Fuſs	Obergestell Quadrat-Fuſs
Gartsherrie	48	9	17	6
Dundyvan	42	7	14	7
Ystal-y-fera	46	7 u. 8½	15 bis 18	5
Dowlais	50½	12	19¹⁰/₁₂	5
Pen-y-darran	48	9½	15	7
Middlesborough . .	42	8	12	6

Im Jahre 1850 belief sich die britische Roheisenproduktion auf 2¼ Millionen Tonnen; davon entfielen auf Süd-Wales, wo Anfang 1851 143 Hochöfen im Betriebe standen, 700000 Tonnen, auf Südstaffordshire mit 148 Hochöfen, wovon 105 im Betriebe waren, 600000 Tonnen, auf Südschottland ebensoviel. Ferner auf

Digitized by Google

	Hochöfen	im Betriebe waren	Tonnen
Shropshire	33	23	90000
Nordstaffordshire	21	13	55000
Yorkshire	23	15	45000
Derbyshire	29	19	60000
Northhumberland, Ostcumberland u. Durham	38	19	90000
Lancashire u. Westcumberland	—	8	30000

Eine noch genauere Statistik des britischen Hüttenbetriebes besitzen wir von 1852.

Hochöfen Grofsbritanniens im Jahre 1852.

	Im Betriebe	Aufser Betrieb	Summa	Produktion in Tonnen
Schottland	113	31	144	775000
Südwales	135	27	162	635000
Südwales mit Anthracit	12	23	35	31000
Südstaffordshire	127	32	159	725000
Nordstaffordshire	17	4	21	90000
Nordwales	6	7	13	30000
Shropshire	27	13	40	120000
Durham	18	8	26	110000
Northhumberland	7	6	13	35000
Yorkshire u. Derbyshire	35	7	42	150000
	497	158	655	2701000

Die Ausfuhr von Roheisen betrug 238918 Tonnen, an Schmiedeeisen 779230, die gesamte Eisenausfuhr 1431557, so dafs auf den inländischen Verbrauch 1268443 Tonnen entfielen.

Für die folgenden Jahre liegen folgende Zusammenstellungen der Eisenproduktion vor:

	1854 (nach Tunner) Tons	1856 Tons	1857 Tons	1858 (nach Hunt) Tons
Schottland	796000	880000	918000	925500
Südwales	750000	814750	970727	886478
Nordwales (Anthracit)		62400	37049	28150
Gloucestershire	21990	14132	23882	23580
Flinstshire	32900	—	—	—
Shropshire	124500	109722	117141	101016
Südstaffordshire	847600	777171	657295	597809
Nordstaffordshire		130560	134057	135308
Derbyshire	127500	106960	112160	131577
Übertrag	2700490	2895695	2970311	2829418

Digitized by Google

	1854 (nach Tunner) Tons	1856 Tons	1857 Tons	1858 (nach Hunt) Tons
Übertrag . . .	2700490	2895695	2970311	2829418
Yorkshire (West R.). . .	73444	275600	117000	85936
Cumberland u. Lancashire	20000	25530	31748	29104
Northhumberland, Durham und Nordyorkshire . .	275000	331370	527588	499816
			12800	11790
	3068934	3528195	3659447	3456064

Dabei waren 1857 von 821 Hochöfen 633 und 1858 von 834 Hochöfen 619 im Betriebe. Die Eisenproduktion von Durham (Clevelanddistrikt) war seit 1850 fast um das fünffache gestiegen.

Zusammenstellung der Produktion Grofsbritanniens.

	Hochöfen im Betriebe	Produktion in Tonnen		Hochöfen im Betriebe	Produktion in Tonnen
1852 . . .	497	2701000	1857 . . .	633	3659447
1854 . . .	555	3069838	1858 . . .	619	3456064
1855 . . .	559	3218154	1859 . . .	607	3712904
1856 . . .	632	3586377	1860 . . .	582	3826752

Diese Zahlen sind nach der offiziellen Statistik von Hunt zusammengestellt. Etwas abweichend ist die folgende Übersicht der Roheisenproduktion Grofsbritanniens und Irlands von 1855 bis 1860 nach den einzelnen Bezirken.

	1855 Tonnen	1856 Tonnen	1857 Tonnen	1858 Tonnen	1859 Tonnen	1860 Tonnen
Glocestershire und Forest of Dean . .	19 500	24 132	23 882	23 580	31 750	26 458
Northhampton und Oxfordshire . . .	—	—	11 500	11 790	23 100	29 470
Shropshire u. Warwickshire	121 680	109 722	111 790	101 016	149 48 0	145 250
Staffordshire (South- und North-)	855 500	907 600	723 100	733 124	616 800	616 400
Yorkshire (West-Riding)	—	—	29 470	85 936	84 950	98 100
Cleveland, Northhumberland u. Durham	589 600	606 970	499 816	499 816	617 966	658 679
Cumberland u. Lancashire	16 570	25 530	29 104	29 104	76 538	169 200
Derbyshire u. Somersetshire	116 550	106 960	131 500	112 460	139 215	127 700
Northwales	31 420	47 682	37 049	28 150	26 980	49 360
Southwales	840 070	862 400	963 440	886 478	985 290	969 025
Schottland	827 500	880 500	918 000	925 500	960 550	937 000
Irland	—	—	1 000	—	—	—
	3 418 390	3 571 496	3 479 651	3 436 954	3 712 619	3 826 642

Digitized by Google

Die Einfuhr nach England betrug 1856 an Roheisen 1867 Tonnen, an Stabeisen (meist aus Schweden und Rufsland) 51935 Tonnen. Dagegen wurden ausgeführt

Roheisen	357326	Tonnen
Stabeisen	673077	„
Bolzen- und Qualitätseisen	28796	„
Gufswaren	72394	„
Eisendraht	9190	„
Anker verschiedener Art und Gröfse	28146	„
Reif-, Band- und Spurkranzeisen	38659	„
Nägel	11281	„
Andere Arten Schmiedeeisen aufser Geschützen	172204	„
Altes Eisen	25969	„
Stahl in Stäben	21858	„

und zwar besonders nach den Vereinigten Staaten, Frankreich, Holland und Deutschland.

Von dem schottischen Roheisen gingen 1856

nach den Vereinigten Staaten	56277	Tonnen
„ Britisch Nordamerika	13611	„
„ Deutschland	55060	„
„ Holland	32570	„
„ Spanien und Portugal	10756	„

Nach allen übrigen Ländern war die Verschiffung geringer.

In den folgenden Jahren betrug die Ausfuhr von Roheisen

1857	422086 Tonnen	1859	316376 Tonnen
1858	360425 „	1860	342567 „

	Hiervon aus Schottland	aus Cleveland und Newcastle
1857	294232 Tonnen	84000 Tonnen
1858	274471 „	78000 „

Ferner führte Grofsbritannien im Jahre 1859 aus:

Stab- und Stangeneisen	300796	Tonnen
Eisenbahnschienen	526963	„
Bearbeitetes Stabeisen	200543	„
Gufsstücke	81244	„
Eisendraht	12356	„
Stahl	24714	„

Einem dem Verfasser von Geheimrat H. Wedding gütigst zur Verfügung gestellten Reisebericht aus dem Jahre 1860 sind noch

Digitized by Google

folgende technische Einzelheiten, welche zugleich ein Bild von dem Umfang und der Gröfse der Eisenhütten und der wichtigsten Bezirke geben, entnommen.

In Südwales wurde damals zu Pontypool „charcoal-pig iron", was aber nur beste Sorte Koksroheisen war, mit Holzkohlen in Frischfeuern zu den besseren Blechen für die Weifsblechfabrikation verarbeitet. Diese wurden in Walzen von der ungewöhnlichen Länge von 3 m ausgewalzt und unter Doppelscheren nach den richtigen Mafsen geschnitten. Die geschnittenen Bleche wurden geglüht, nochmals durchgewalzt und kamen dann in die Beize.

Die Verkokung der Steinkohlen geschah noch zum Teil in Haufen, zum Teil zwischen Mauern (Rogers Patent) nach Art der Schaumburger Öfen, oder in flachen Öfen ohne Züge mit Ausziehen durch Dampfmaschinen. Ferner hatte man zu Pontypool Koksöfen mit Theergewinnung. Bei diesen lagen zwei Öfen übereinander, in dem unteren (Dry oven) wurde nur Koks gemacht, er heizte aber zugleich einen darüber liegenden Destillationsofen (tar oven), aus dem die Produkte (Wasser, Naphtha etc.) durch ein am höchsten Punkte der Stirnseite angebrachtes Rohr abgeleitet wurden. Man erhielt von diesen Öfen monatlich 20 000 Gallonen Theer. In den vier Hochöfen verschmolz man eigene Kohleneisensteine von 30 Proz., Blackband von 45 Proz., Forest of Dean Erze von 30 Proz. Eisengehalt und Garutha, ein reiches, teures, wohl spanisches Erz. Kohleneisenstein und Blackband wurden geröstet. Die Hochöfen hatten je vier Windformen, wovon aber meistens nur drei benutzt wurden. Der Wind wurde in schraubenförmig gewundenen Röhren auf mindestens 300° C. erhitzt. Der Winderhitzungsapparat wurde mit Gichtgasen gefeuert, die durch sechs Röhren abgeleitet wurden. Besseres Roheisen wurde mit kaltem Wind erblasen. Die Gestelle bestanden aus Natursteinen (Konglomerat), die übrigen Ofenteile aus feuerfesten Ziegeln. Die Gicht des Ofens war wegen der Gasentziehung mit Parrys Trichter geschlossen. Den Gebläsewind für die vier Öfen lieferte eine grofse Balanciermaschine von 108 Zoll Durchmesser des Windcylinders und 8 Fufs Hub, die 16 Wechsel in der Minute machte.

Die Cwm Celyn und Blaina-Works hatten acht Hochöfen; davon waren drei rund, von diesen waren zwei mit Blechmänteln, einer mit Eisenbändern gebunden; zwei ältere Öfen waren viereckig. Ein neuer, unfertiger war 67 Fufs (20,44 m) hoch und hatte 20 Fufs (6,10 m) lichte Weite im Kohlensack. Er hatte vier Formgewölbe und eine fünfte Form auf der Brustseite im Arbeitsgewölbe.

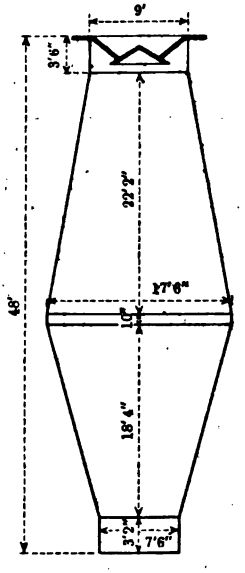
Als Gichtverschlufs verdrängte Parrys Doppeltrichter die ältere

Digitized by Google

unvollkommene Konstruktion mit Trichter und Deckel. Die Verkokung geschah meist in freien Haufen, die sich aber an ein Mauerwerk, in dem Züge angebracht waren, von beiden Seiten anlehnten. Man schmolz unter Zusatz von ein Viertel roher Kohlen im Hochofen. Die abgeleiteten Gase waren mehr wie hinreichend für die Dampfkesselheizung und Winderhitzung.

Mit einem der Hochöfen war direkt ein Puddelofen, der durch die abgeleiteten Gichtgase geheizt wurde, verbunden. In dem Walzwerk heizten je vier Puddelöfen einen stehenden Dampfkessel. Die Vorwalzen waren mit Vor- und Rückwärtsbewegung eingerichtet. Es geschah dies durch eine Kuppelung, die durch eine kleine Dampfmaschine ein- und ausgerückt wurde.

Fig. 341.



Ebbw-Vale hatte neun Hochöfen. Die meisten waren ganz cylindrisch, mit eisernen Reifen, die aber nicht zum Zusammenziehen gerichtet waren, bekleidet. Die innere Gestalt und die Mafse sind aus Fig. 341 ersichtlich. Die Koksöfen waren mit der Rückseite aneinderstofsende Backöfen, die mittels Gabel und Platte mit Hülfe eines Krahnes entleert wurden. Das Rösten geschah in den Seite 235 gezeichneten geräumigen Schachtöfen. Das Roheisen wurde gefeint und zwar wurde es entweder direkt aus dem Hochofen in das Feineisenfeuer abgestochen, oder es wurde sortiert und umgeschmolzen. Im ersteren Falle brauchte man 5, im zweiten 8 Ctr. Koks für die Tonne Eisen. Der Einsatz betrug 2 Tonnen; 22 Ctr. Roheisen gaben 20 Ctr. Feineisen.

Die Puddelöfen waren auf drei Seiten aus hohlen, gufseisernen Kästen gebildet, durch die ein dünner Wasserstrahl floís. Später versuchte man es mit Gaspuddelöfen, wobei mit einem Schieleschen Ventilator Luft unter den Rost und über die Feuerbrücke eingeblasen wurde.

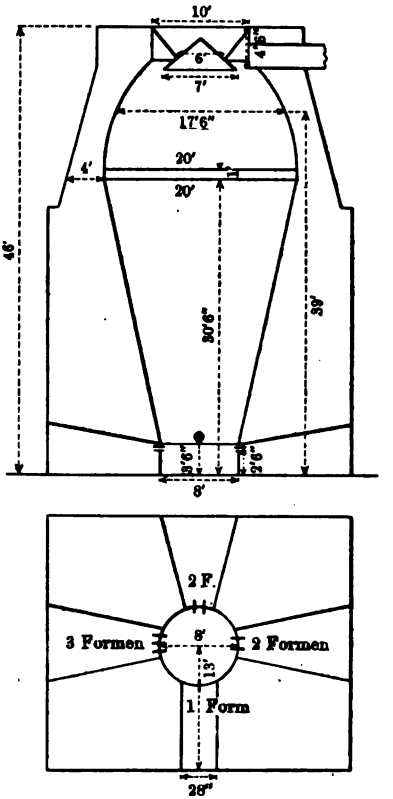
Das Werk besafs 104 Puddelöfen, 60 Schweifs- und Glühöfen, 6 Luppen-, 6 Präparier- und 4 Schienenwalzenkasten; 4 Luppenquetschen (squeezers), 1 Dampfhammer und 1 Dampfpresse. Die Luppenstrafse (Bar mill) machte 70, die Vorbereitungswalzen 40 und die Fertigwalzen 80 bis 120 Umdrehungen. Die Vorwalzen der Schienenstrafse lagen in einem Triogerüst. In 12 Stunden wurden in einem Ofen sieben Chargen gemacht. Auf dem dazugehörigen Viktoriawerk wurde

Digitized by Google

Stahl gepuddelt. Der Herd des Ofens war mit Roteisenstein ausgesetzt. Der Einsatz betrug 4 Ctr., man machte fünf Chargen im Tag; die Luppen wurden gehämmert, geschweifst und dann erst ausgewalzt.

Nant-y-Glo hatte sechs ältere Hochöfen und ein grofses Walzwerk. Eine Patentluppenmühle mit drei Rollen von George Brown konnte 30 Puddelöfen bedienen.

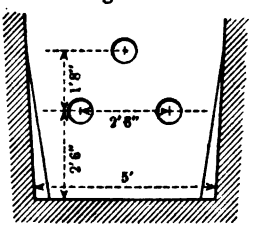
Fig. 342.



In dem Weifsblechwerk Ponty-Mista wurde graues Roheisen erst mit Koks gefeint und das Feineisen dann im Frischfeuer mit Holzkohlen gefrischt, die Luppe sodann unter einem Stirnhammer gezängt und in Schirbel geteilt. Diese wurden in Wasser gelöscht, in Hollow-fires erhitzt und dann zu Flachstäben ausgewalzt, die dann wieder in Wasser gelöscht, zu Stürzen zerschnitten, im Glühofen erhitzt und zu Blech gewalzt wurden. Dieses wurde dann mit Schwefelsäure gebeizt u. s. w.

Ystalifera hatte elf Hochöfen, wovon acht im Betriebe waren und mit Anthracitkohlen schmolzen, doch wurde meist ein Viertel Koks mit aufgegeben. Zur Ableitung der Gase war ein Cylinder von 6 Fufs Höhe eingehängt, seitlich dessen die Gase durch gemauerte Öffnungen abgeführt wurden, die Gicht war offen. Das Stichloch war besonders weit, um die Asche der Anthracitkohlen ausblasen zu können. Man blies durch neun Formen mit 4 bis 5 Pfd. Pressung. Die Formen lagen nicht in gleicher Linie, sondern in Dreieckstellung (Fig. 343) in zwei Höhen. Die Produktion betrug wöchentlich nur 70 bis 80 Tonnen und wurde das Eisen meist zu Blech für die Weifsblechfabrikation verarbeitet.

Fig. 343.



Die grofsen Dowlais-Eisenwerke hatten 18 Hochöfen, wovon 16 im Betriebe waren.

Digitized by Google

Nur drei waren mit Gasableitungen versehen. Eine Gebläsemaschine von 500 Pferdekräften bediente acht Hochöfen. Der neueste und gröfste Ofen hatte das in Fig. 342 dargestellte Profil. Der Ofen hatte 8 Formen in darunter verzeichneter Anordnung von 10 bis 11 cm Weite. Der Winddruck betrug $2^7/_8$ Pfd. Statt des Wallsteines diente eine Eisenplatte, die mit Thon hinterstampft wurde. Aufser durch die Wasserformen wurde das Gestell durch Wasserkästen gekühlt. Es waren starke, offene Gufseisenkästen mit schmiedeeisernen Deckeln, welche Öffnungen hatten. Man erhitzte den Gebläsewind bis zu Bleischmelzhitze. Ein Theil des Zuschlagkalkes wurde vorher gebrannt. In dem neuen Hochofen machte man 370 Tonnen in der Woche, hoffte aber auf 420 Tonnen zu kommen. Das Dach des neuen Walzwerkes war mit Wellblech gedeckt. Die Dampfkessel waren nicht mehr mit den Puddelöfen zusammengebaut, sondern von ihnen getrennt. Die Zahl der Puddelöfen betrug 142, die der Schweifsöfen 68. Eisenbahnschienen waren der Hauptartikel der Fabrikation.

Das Rhymney-Eisenwerk hatte neun Hochöfen und ein Schienenwalzwerk. Zu Cyfartha lagen sieben Hochöfen in einer Reihe, von diesen wurden nur zwei mit heifsem Wind betrieben; die Gase wurden nicht abgeleitet. Die Gestelle hatten 2,50 bis 3 m Weite.

Der grofse Hochofen von Aberdare (Abernant) war 13 m hoch, 6,10 m im Kohlensack, 2,75 m in der Gicht und 3,05 m im Gestell weit. Man blies mit sechs Formen von 10 cm Öffnung, wovon je zwei nebeneinander lagen. Die Wochenproduktion betrug 400 Tonnen.

In Staffordshire gab es eine grofse Zahl von Eisenhütten, aber keine so umfangreiche Anlagen wie in Südwales. Die Hochöfen hatten meist noch eine sehr enge Zustellung, z. B. hatte der Hochofen zu Park-Lane bei 18,30 m Höhe nur 3,35 m Rast — 2,75 m Gicht — und 0,915 Gestellweite. Neuere Hochöfen, wie z. B. die Blackwells bei Dudley, waren weiter: 4,76 m die Rast, 3,27 m die Gicht und 2,62 m das Gestell. Die Öfen hatten oft lange Kampagnen, einer z. B. eine von 11 Jahren. Die Produktion war nicht grofs, etwa 18 Tonnen täglich, die Gase wurden nicht abgezogen. Die Kohlen wurden in Meilern verkokt, die Erze in Haufen geröstet. Kalk wurde zuweilen gebrannt aufgegeben. In den Puddel- und Walzwerken heizten die Puddel- und Schweifsöfen meist stehende Dampfkessel. Der Gebläsewind wurde in Hosen- oder Ringröhrenapparaten stark erhitzt. Die Puddelschlacken wurden geröstet und mit den gerösteten Schlacken die Puddelöfen ausgesetzt.

In Yorkshire wurden auf dem Eisenwerke Low-Moor gute Kessel-

Digitized by Google

bleche und Radkränze (tyres) aus kalt erblasenem, aber gefeintem Gufseisen gemacht. Die Puddelöfen hatten hinter dem Fuchs einen Vorwärmherd. Auf der Bowlinghütte hatte man Hochöfen mit oblonger Gicht, (1,10 m : 1,51 m). Von fünf Hochöfen waren vier im Betriebe. Alle gingen mit kaltem Wind. Die kleineren Öfen mit zwei Formen gaben 76 Tonnen, die gröfseren mit drei Formen 96 Tonnen Roheisen die Woche. Sonntags wurden die Öfen stillgestellt (stopped). Das Eisen wurde gefeint und dann zu Qualitätseisen verpuddelt, ganz ähnlich wie in Low-Moor.

In Newcastle waren auf den Eisenhütten von Losh, Wilson & Bell von sechs Hochöfen vier im Betriebe. Die ziemlich grofsen Hochöfen von 13,725 m Höhe, 4,42 m Weite im Kohlensack, 2,29 m in der Gicht, 1,505 m im Gestell, schmolzen bei heifsem Wind mit Koks aus verschiedenen Erzen, besonders aus schottischem Blackband, 250 bis 260 Tonnen die Woche.

In Schottland waren im Sommer 1863 auf der Govanhütte von fünf Hochöfen drei im Betriebe. Die Öfen waren grofs: 17,68 m hoch, 6,405 m im Kohlensack, 3,05 m in der Gicht und 2,75 m im Gestell weit. Die Öfen hatten acht bis neun Düsen und schmolzen mit roher Steinkohle und heifsem Wind aus Hämatit und geröstetem Blackband 200 Tonnen per Ofen in der Woche.

Das Walzwerk zählte 48 Puddelöfen mit einer gemeinschaftlichen Esse.

Auf dem grofsen Hochofenwerk Gartsherrie waren von 16 Hochöfen von 13,75 bis 19 m Höhe 14 im Gange, alle ohne Gasableitung. Eine Gebläsemaschine von 500 Pferdekräften lieferte den Wind für alle Öfen. Im übrigen war der Betrieb wie in Govan.

Die Vereinigten Staaten 1851 bis 1860.

Die Vereinigten Staaten von Nordamerika nahmen schon 1850 den zweiten Platz unter den Eisen erzeugenden Ländern der Welt ein und steigerten ihre Produktion namentlich infolge des Bedarfes des rasch sich ausdehnenden Eisenbahnnetzes. Dieses umfafste 1850 eine Länge von 14515 km, 1855 von 29563 km und 1860 von 49291 km, erreichte also nahezu die Länge sämtlicher Bahnlinien Europas, die 1860 51000 km betrug.

Die Roheisenproduktion schwankte entsprechend der wechselnden Geschäftslage und betrug:

Digitized by Google

1851 . .	462560	Net Tons[1])	1856 . .	883137	Net Tons
1852 . .	605650	„ „	1857 . .	798157	„ „
1853 . .	810000	„ „	1858 . .	705094	„ „
1854 . .	736218	„ „	1859 . .	840627	„ „
1855 . .	784178	„ „	1860 . .	919770	„ „

Die Roheisenerzeugung mit Anthracit und Koks nahm bedeutend zu, während die mit Holzkohle zurückging. Es wurde produziert (nach Swank):

Im Jahre	mit Anthracit Tonnen (Net Tons)	mit Holzkohlen Tonnen	mit Steinkohlen und Koks Tonnen	im ganzen Tonnen	Roheisen-einfuhr Tonnen
1854	339435	342298	54485	736218	?
1855	381816	339922	62390	784178	98925
1856	443113	370470	69554	883137	59012
1857	390385	330321	77451	798157	51794
1858	361430	285313	58351	705094	41986
1859	471745	284041	84841	840627	72515
1860	591211	278331	122228	919770	74026

Bei weitem der gröfste Teil des Anthracitroheisens wurde in Pennsylvanien erzeugt (1854: 307710 Tonnen, 1856: 394509 Tonnen). 1856 zählte man in Pennsylvanien 21 und in Maryland 3 Hochöfen, die mit Koks, sowie 6 Öfen in Pennsylvanien und 13 in Ohio, die mit roher Steinkohle betrieben wurden.

Den gröfsten Aufschwung nahmen die Puddel- und Walzwerke, namentlich die Schienenwalzwerke. 1858 gab es in den Vereinigten Staaten und in Canada 832 Hochöfen, 488 Hammerhütten und 225 Walzwerke. Unter den Hammerhütten sind die Luppenschmieden (bloomaries) mit einbegriffen, die am meisten am Champlainsee, in Tennessee und Nordcarolina verbreitet waren.

Die Erzeugung von Eisenbahnschienen betrug:

1850 40000 Tonnen, 1855 80000 Tonnen, 1860 200000 Tonnen.

Die Einfuhr:

1850 160000 Tonnen, 1855 340000 Tonnen, 1860 150000 Tonnen.

Die Preise standen:

		per Tonne
1851 am niedrigsten:	Roheisen 19 bis 25 Dol.,	Schmiedeeisen 34 bis 41 Dol.
1854 „ höchsten:	„ 32 „ 42 „	„ 62 „ 77 „
1860	„ 20 „ 27 „	„ 41 „ 44 „

[1]) 1 net ton oder short ton = 2000 Pfund = 907,07 kg, 1 grofs ton oder long ton = 2224 Pfund = 1015 kg.

Digitized by Google

In Pennsylvanien wurden 1853 die grofsen Werke der Cambria-Eisengesellschaft bei Johnstown angelegt, zunächst um die Schienen für die Pennsylvaniabahn von Philadelphia nach Pittsburg zu walzen. George S. King und Dr. Schönberger waren die Hauptgründer. 1856 zählte man in der Grafschaft Alleghany (Pittsburg) 25 Walzwerke. Der 1859 von Graff, Benett & Komp. erbaute Clintonofen war der erste Hochofen bei Pittsburg, in dem Koks mit Erfolg angewendet wurde, doch erst, als man zu Connelsville-Koks überging.

1850 gab es in Pennsylvanien 298 Hochöfen, 121 Hammerwerke, 6 Luppenschmieden und 79 Walzwerke. In diesem Jahre hatte man in Pittsburg im ganzen 40 Tonnen Gufsstahl gemacht, allerdings von geringer Qualität. Erst 1859 gelang es Hussey und Wells, guten Gufsstahl aus amerikanischem Eisen zu erzeugen.

In Virginia hatte die Holzkohlenindustrie einen grofsen Umfang angenommen. Nach Lesleys Angabe waren vor 1856 88 Holzkohlenhochöfen und 59 Hammerwerke erbaut worden. Viele davon waren schon vor 1850 wieder eingegangen, doch standen im Jahre 1856 immerhin noch 39 Holzkohlenhochöfen und 43 Hammerwerke im Betriebe. Aufserdem gab es 12 Walzwerke, wovon 7 in der Nähe von Wheeling, dem Mittelpunkt der virginischen Walzwerksindustrie, und 4 um Richmond lagen. In Wheeling waren auch grofse Nagelfabriken.

In Nordcarolina befanden sich 1856 40 Luppenschmieden und einige Frischhütten im Betriebe. Die meisten derselben bedienten sich noch der Wassertrommelgebläse (trompe); auch gab es einige kleine Walzwerke mit Wasserradbetrieb.

In Tennessee gab es damals 75 Luppen- und Frischschmieden, 71 Holzkohlenhochöfen und 4 Walzwerke. Von den Hochöfen lagen 29 in Osttennessee, 42 in Mittel- und Westtennessee. Die meisten lagen am Cumberlandfluſs, wo man einmal 42 Eisenwerke zählte.. Die Luppenschmieden oder Rennwerke befanden sich gröfstenteils in Osttennessee, davon 15 in Johnston County. Sie machten hauptsächlich Luppen für die Walzwerke. Alle diese Holzkohlenhochöfen, Frischfeuer und Rennwerke waren 1890 bis auf zwei verlassen. Erst 1857 fing man in Tennessee an, die ersten Koks zu machen.

In Alabama war die Eisenindustrie vor 1856 nur unbedeutend. In diesem Jahre zählte man nach Leslie drei Hochöfen, die 1495 Grofstonnen Roheisen machten und 17 Renn- und Frischhütten. Auch hier waren Wassertrommelgebläse und Holzcylindergebläse (tubs) an der Tagesordnung.

Digitized by Google

In Ohio entstand 1852 eine Dampfschmiede. 1854/55 legte man im Clevelanddistrikt das erste Walzwerk in Verbindung mit einem direkten Eisengewinnungsprozefs an, das Unternehmen schlug aber fehl. Das zweite Walzwerk war die Railroad Rolling Mill für Schienenfabrikation.

In Indiana entstand das erste Walzwerk 1857. 1859 gab es nach Leslie fünf Holzkohlenhochöfen, von denen aber 1860 nur noch der Richlandofen in Betrieb stand.

In Illinois war 1860 nur der Illinoisofen, der 1856 vergrößert worden war, im Betriebe. Die Eisenindustrie von Chicago begann 1857. Kapitän E. R. Ward von Detroit baute damals ein Walzwerk, um alte Schienen umzuwalzen. Hieraus entwickelte sich die mächtige North Chicago Rolling Mill Company.

In Michigan entstanden zwischen 1850 und 1860 drei neue Hochöfen. Im Süden verschmolz man noch Sumpferze, im Norden fing man an, die Erze vom Lake Superior zu verhütten. Der Aufschluſs des Erzgebietes am oberen See bildet einen wichtigen Abschnitt in der Geschichte der amerikanischen Eisenindustrie. 1855 werden die ersten Rennwerke bei Marquette am Dead River erwähnt. Roheisen stellte 1858 Stephen R. Gay in einem kleinen, 8 Fuſs hohen Versuchsofen zuerst dar. Die ersten Hochöfen legte die Pionier-Gesellschaft bei Negaunee an und zwar kam der Ofen Pionier I im April 1858 und Pionier II im Mai 1859 in Betrieb. Der von Gay 1858 erbaute Collinsofen war der zweite Hochofen in Michigan. Schon früher waren aber Erze vom Oberensee auf zwei entfernten Holzkohlenhochöfen bei Detroit verschmolzen worden, dem Eurekaofen bei Wyandotte, der 1855, und dem Detroitofen, der 1856 erbaut und im Januar 1857 angeblasen worden war. Noch früher hatte man schon Erze vom Oberensee nach Pennsylvanien gebracht und sie versuchsweise verhüttet. Dies geschah zuerst 1850 mit einem Quantum von 5 Tonnen. Die erste Verwendung dieser Erze im Hochofen war 1853 im Sharpsvilleofen bei Sharon durch David Agnew erfolgt. Die Sharon-Eisengesellschaft sollte damals die Jacksongruben kaufen. Ferner wurden im Clayofen bis zum August 1856 im ganzen 400 Tonnen von diesem Erz verschmolzen. Diese beiden Hochöfen wurden mit Steinkohlen vom Shenangothal betrieben. Seit 1856 fand eine regelmäfsige Ausfuhr von Lake-Superior-Erzen nach Pennsylvanien statt. 1855 wurde das erste Walzwerk in Michigan, „Eureka“ bei Wyandotte, erbaut.

In Wisconsin war der älteste Holzkohlenhochofen 1848 bei Mayville in Dodge County erbaut worden, wozu 1858 eine Eisengiefserei

Digitized by Google

kam. 1857 hatte eine deutsche Gesellschaft einen Hochofen am Black River in Jackson County erbaut. In demselben Jahre wurde ein dritter Holzkohlenofen zu Ironton in Sauk County von Jonas Tower erbaut.

In Missouri entstanden bei St. Louis mehrere Walzwerke: 1854 Missouri-Walzwerk, 1855 Allen-, 1856 Pacific- und 1858 Rayners-Walzwerk. 1859 wurde der Hochofen Ironside-furnace in Washington County errichtet.

In Texas wurde 1859 der erste Hochofen am N.-O.-Ende von Cafs County erbaut und ein zweiter bei Hughes Springs angefangen.

In Arkansas war 1850 das erste Luppenfeuer von einem Engländer in Carrol County angelegt, aber nach einigen Jahren durch eine Flut zerstört worden. 1857 wurde das Rennwerk Big Creek bei Smithsfield in Lawrence County mit zwei Feuern und einem Hammer in Betrieb gesetzt. 1857 richtete man die Luppenfeuer mit heifsem Wind ein.

In der Verwendung des Eisens leisteten die Vereinigten Staaten in vieler Beziehung Hervorragendes. Zum Eisenguſs eignete sich das amerikanische Holzkohlenroheisen in vorzüglicher Weise und waren infolgedessen die Leistungen der Eisengiefsereien sehr gute. Die in der Weltausstellung zu London von Edds ausgestellten Hartguſsräder für Eisenbahnen, welche bereits 4 bis 5 Jahre gelaufen waren, ohne dafs sich die Laufflächen abgenutzt hatten, erregten Bewunderung. Im Ofenguſs überflügelten die Amerikaner alle anderen Nationen, namentlich aber in der Fabrikation praktischer Kochöfen für Holz- und Steinkohlenfeuerung. Bekanntlich hatte bereits Benjamin Franklin dieser Frage seine Aufmerksamkeit zugewendet und einen zweckmäfsigen Kochofen erfunden. Ihm folgten Graf Rumford und dann Dr. Eliphatel Nolt. Die gröfsten Ofengiefsereien befanden sich zu Albany, Troy, New York, Boston und Philadelphia. Die Eisengiefserei von Hayward, Bartlett & Komp., welche 1844 zu Baltimore gegründet worden war, baute zuerst eiserne Häuser. Die gröfste Giefserei für Kunstguſs war die von Robert Wood & Komp. in Philadelphia.

Nicht minder hervorragend waren die Leistungen in der Werkzeugfabrikation. Henry Diston gründete um 1850 die grofsartige Keystone-Sägenfabrik zu Philadelphia, welche namentlich die besten Kreissägen lieferte. Freilich mufsten sie ihren Stahl von England beziehen. Mc. Kelvy und Blair in Pittsburg, die 1850 eine Feilenfabrik errichtet hatten, machten dagegen seit 1852 ihren eigenen Stahl. Sie waren die ersten, die Guſsstahl in gröfseren Mengen herstellten.

Digitized by Google

Die gröfste Fabrik für Äxte und Pflugscharen war die von Collins & Komp. am Farringtonfluſs zu Collinsville, Connecticut. Für Messerwaren waren die Werke der Russel Manufacturing Company in Greenfield, Massachusetts, welche John Russel 1834 gegründet hatte, die ersten. Sie führten zuerst Maschinenhämmer bei ihrer Fabrikation ein. Wood, Light & Komp. zu Worcester, Mass., hatten die berühmteste Fabrik von Werkzeugmaschinen für Eisenbearbeitung. Im Maschinen- und Schiffsbau waren die Leistungen der Amerikaner zum Teil groſsartig. In der Reading-Dampfschmiede (Pa.) wurden 1856 zwei groſse Wellen für die Achsen des Dampfschiffs Adriatic von $35^1/_2$ Fuſs Länge, $27^1/_2$ Zoll Durchmesser und 35 Groſstonnen Gewicht geschmiedet und bearbeitet. Die Kurbeln (cranks) gaben 12 Fuſs Ausschlag und wog jede 8,39 Tonnen.

In diese Zeit fällt auch die Gründung der Columbia Bergakademie und anderer technischer Lehranstalten. Nicht minder wichtig war die Gründung der American Iron and Steel Association zu Philadelphia am 6. März 1855, welche die Eisenstatistik zu einer ihrer Hauptaufgaben machte. Durch sie und seitdem besitzt die Union eine vortreffliche Statistik ihrer Eisenindustrie.

Frankreich 1851 bis 1860.

Die dritte Stelle unter den eisenerzeugenden Staaten nahm Frankreich ein. Das Kaiserreich unter Napoleon III. förderte die einheimische Industrie in jeder Weise. Welchen Aufschwung die Eisenindustrie nahm, läſst sich daran ermessen, daſs die Ausfuhr von Eisen, Eisenwaren und Maschinen von 1851 bis 1859 von 1 Million auf 45 Millionen Franken stieg.

Auf der groſsen Weltausstellung zu Paris im Jahre 1855 zeigte sich die französische Eisenindustrie im glänzendsten Lichte. Eine sehr schöne und vollständige Ausstellung, welche durch ihre planmäſsige Anordnung sehr instruktiv war, hatten Schneider & Komp. zu Creusot vorgeführt. Unter den ausgestellten sieben Sorten Frischeisen befand sich auch Puddelstahl. Den Aufschwung des Werkes bezeugt die Thatsache, daſs der Wert der Hüttenprodukte von Creusot 1847 700000 Franken und im Jahre 1855 13500000 Franken betragen hatte.

Die brillanteste Ausstellung im Jahre 1855 hatten aber die Gebrüder Jackson, Petin, Gaudet & Komp. zustande gebracht. Diese Firma besaſs damals acht Eisen- und Stahlwerke, von denen die wichtigsten bei St. Etienne lagen. Auf diesen Werken beschäftigten

Digitized by Google

sie 2500 Arbeiter und 1800 HP. Maschinenkräfte. Sie hatten damals die gröfste Gufsstahlhütte der Welt; auf fünf Hütten (darunter St. Chommond und Assailly) befanden sich 23 Cementieröfen, 12 grofse Schmelzöfen für 8 bis 12 Tiegel und 292 Öfen für 2 Tiegel. Die Produktion wurde auf 1 Mill. kg Gufsstahl, 560000 kg Streckstahl und 1 Mill. Ctr. Cementstahl veranschlagt.

Bougeret, Martenot & Komp. war damals die erste Eisenwerksgesellschaft Frankreichs. Sie besafs 13 Kokshochöfen und 23 Holzkohlenhochöfen, 88 Puddelöfen und 27 Frischfeuer, mit diesen produzierte sie über 1 Mill. Ctr. Waren. Sie beschäftigte 19000 Arbeiter und hatte einen Jahresumschlag von 22 Millionen Franken.

Die Gebrüder de Dietrich zu Niederbronn besafsen sieben Holzkohlenhochöfen, die 150000 Ctr. Gufswaren von vorzüglicher Qualität lieferten; aufserdem fabrizierten sie Eisenbahnräder. Auf der Ausstellung erregte eine 7 Fufs lange, gegossene Eisenplatte, welche so biegsam war, dafs man sie zuerst für Blech halten mufste, die Bewunderung der Sachverständigen. Von den übrigen grofsen Eisenwerken, welche ausgestellt hatten, nennen wir nur noch die anonyme Gesellschaft Providence zu Hautmont an der belgischen Grenze, welche 2 Kokshochöfen und 40 Puddel- und Schweifsöfen betrieb, nur wegen ihrer vorzüglichen Ausstellung von Façoneisen, namentlich ⌊-, ⊤- und I-Eisen, welches in Paris bereits vielfach zu Bauzwecken verwendet wurde. Eine ähnliche Ausstellung hatte Maubeuge. — Audincourt hatte gewalzte Röhren und gepreifste Holzgefäfse, welche aus einem vortrefflichen Holzkohleneisen gemacht wurden, ausgestellt. J. Holtzer in Firminy bei St. Etienne hatte aufser Schmelz-, Gärb- und Cementstahl auch Puddelstahl vorgeführt, dessen Fabrikation $1^1/_2$ Jahr zuvor der deutsche Ingenieur August Wolf eingeführt hatte.

William Jackson zu St. Seurin, dem Enkel jenes Jackson, welcher die Gufsstahlfabrikation in Frankreich zuerst mit Erfolg betrieben hatte, gebührt das Verdienst der ersten Einführung des Bessemerprozesses. Er begann seine Versuche schon 1856, aber erst nach 5 Jahren gelang ihm die erfolgreiche Durchführung des Prozesses.

Für den Chenotprozefs wurde 1855 die Hütte zu Clichy-la-Garonne bei Paris erbaut und 1856 wurde dieses Verfahren zu Pontcharra (Isère) und 1857 zu Hautmont (Nord) eingeführt, wobei spanische Erze von Sommorostro verarbeitet wurden.

Die kaiserliche Regierung wendete der Eisenindustrie Frankreichs unausgesetzt lebhaftes Interesse zu und die technischen Fortschritte hielten gleichen Schritt mit der Zunahme der Produktion.

Digitized by Google

Von grofser Bedeutung war auch die Verwendung der Minette auf den lothringischen Hütten. Stiringen hatte damit 1851 den Anfang gemacht. Die Gesellschaft Vezin-Aulnoye wurde 1858 von Joseph Sepulchre gegründet.

Die statistischen Angaben über die Produktion der französischen Eisenwerke in jener Zeit sind sehr lückenhaft. Die meisten Nachrichten stammen aus den ersten Jahren dieses Zeitraumes.

Die Roheisenproduktion betrug:

	mit Holzkohlen	mit Koks	zusammen
1850 . .	2295196 M.-Ctr.[1])	1761335 M.-Ctr.	4056531 M.-Ctr.
1851 . .	2471083 „	1986998 „	4458081 „
1852 . .	2633400 „	2593034 „	5226434 „

Gufseisen zweiter Schmelzung wurde 1851: 822258 M.-Ctr, 1852: 900886 M.-Ctr. erzeugt.

Die Stabeisenproduktion betrug:

	mit Holzkohlen	mit Koks	zusammen
1850 . . .	680964 M.-Ctr.	1780996 M.-Ctr.	2461960 M.-Ctr.
1851 . . .	759179 „	1782494 „	2541673 „
1852 . . .	646017 „	2372023 „	3017540 „

1852 wurde 39381 M.-Ctr. Rohstahl, 98084 M.-Ctr. Cementstahl und 43516 M.-Ctr. Gufsstahl erzeugt. Die Dampfmaschinen, welche in diesem Jahre für Eisenhütten- und Hammerwerke arbeiteten, leisteten 12354 Pferdekräfte.

Den gröfsten Anteil an der Roheisenproduktion mit Holzkohlen im Jahre 1852 hatten die Departements

Haute-Marne	mit	354984 M.-Ctr.
Côte d'Or	„	228235 „
Haute-Saône	„	343317 „
Moselle	„	216608 „
Ardennes		291365 „

an der Roheisenproduktion mit Koks:

Moselle	mit	372000 M.-Ctr.
Nord	„	360285 „
Gard	„	134726 „
Aveyron	„	165000 „
Saône et Loire	„	254947 „
Cher	„	126692 „
Ardêche	„	187500 „

[1]) 10 Meter-Centner = 1 Tonne.

Digitized by Google

Von Stabeisen wurde erzeugt:

		Grobeisen	Eisenbahnschienen	Feineisen und Bleche
1850	m. Holzkohlen	680964 M.-Ctr.	— M.-Ctr.	153770 M.-Ctr.
	„ Steinkohlen	1780996 „	230873 „	1004873 „
1852	m. Holzkohlen	646017 „	— „	214412 „
	„ Steinkohlen	2372023 „	604616 „	1587988 „

Von Stahl wurde erzeugt:

	Schmelzstahl	Cementstahl	Gufsstahl
1851 . .	37209 M.-Ctr.	75578 M.-Ctr.	27624 M.-Ctr.
1852 . .	39381 „	98084 „	43516 „

Im Jahre 1854 fand eine Zollreduktion für Eisen und Stahl statt. Am 29. September 1855 betrugen die wichtigsten Zölle in Frankreich

für Roheisen . . . Mk. 1,90 für den Ctr. (in Deutschland Mk. 1,00
„ Stabeisen . . . „ 4,80 „ „ „ } „ „ „ 4,50)
„ Rundeisen . . . „ 5,77 „ „ „ }
„ Roh- u. Gufsstahl „ 14,40 „ „ „ }

Die Produktion von Koks-Roheisen 1858 und 1859 wird angegeben zu 545000 und zu 519000 Tonnen, war also seit 1850 um mehr als das Dreifache gestiegen. Folgende Zusammenstellung zeigt die Zunahme der Roheisenproduktion mit Koks in Frankreich seit 1825 nach Truran:

1825	5300 Tonnen
1830	28255 „
1835	35190 „
1840	62460 „
1845	137807 „
1847	225319 „
1850	158797 „
1852	217392 „
1858	545000 „
1859	519000 „

Nach Jordan [1]) betrug die gesamte Roheisenproduktion Frankreichs:

1855 . . .	849296 Tonnen,	hiervon Holzkohlenroheisen	42 Proz.
1856 . . .	923147 „	„ „	40 „
1857 . . .	992332 „	„ „	37 „

[1]) M. S. Jordan, Revue de l'industrie du fer en 1867.

Digitized by Google

1858 . . .	871556	Tonnen,	hiervon	Holzkohlenroheisen	37 Proz.
1859 . . .	864399	„	„	„	38 „
1860 . . .	898353	„	„	„	34 „

Belgien 1851 bis 1860.

Die geschäftliche Entwickelung der Eisenindustrie in Belgien war ähnlich wie in England. In technischer Beziehung machten besonders der Flammofenfrischprozefs und die Stahlerzeugung in dieser Periode Fortschritte. Zu Seraing wurde zu Anfang der 50er Jahre eine grofsartige Stahlfabrik angelegt. Der Glanzpunkt der belgischen Eisenausstellung zu Paris 1855 bildeten die Eisen- und Stahlbleche in grofsen Tafeln von schönstem Aussehen.

1850 betrug die Produktion

von Roheisen	144452	Tonnen.
„ Gufswaren zweiter Schmelzung . .	17016	„
„ Schmiedeeisen	61970	„
„ verarbeitetem Eisen	10758	„
Mit Koks erzeugten 25 Hochöfen . .	131148	„
„ Holzkohlen „ 16 „ . .	13304	„

Man zählte 351 Eisenwerke, welche 7511 Arbeiter beschäftigten, darunter 78 Eisengiefsereien mit 1537 Arbeitern, 99 Frisch- und Puddelwerke mit 2702 Arbeitern. 86 Hütten mit 516 Arbeitern beschäftigten sich mit Eisenverfeinerung.

Die Roheisenproduktion hatte damals den hohen Stand von 1847 noch nicht wieder erreicht, die übrige Eisenfabrikation hatte denselben überholt.

In der Provinz Lüttich wurden 1852 65000 Tonnen Eisen dargestellt, wovon $^1/_3$ Gufs- und $^2/_3$ Frischroheisen waren. 1851 wurden daselbst 8000 Tonnen Eisen zu Nägel verarbeitet. 1854 waren 28 Hochöfen im Betriebe, die 148013 Tonnen Roheisen mit 231352 Tonnen Steinkohlen erzeugten. Es gab damals noch 5 Holzkohlenhochöfen, die sich aber alle aufser Betrieb befanden. Es wurden ferner 62488 Tonnen Schmiedeeisen und 19282 Tonnen Gufswaren produziert.

1856 zählte man in ganz Belgien 126 Hochöfen, wovon aber nur 73 betrieben wurden, nämlich 53 Koks- und 20 Holzkohlenöfen. Letztere entfielen auf die Provinzen Luxemburg (4) und Namur (16). Es waren 4039 Dampfmaschinen-Pferdekräfte bei dem Hochofenbetrieb in Anwendung. Die Produktion stellte sich folgendermafsen:

Digitized by Google

Provinz	Produktion mit Koks Tonnen	Produktion mit Holzkohlen Tonnen	Geldwert der Tonne Koks-roheisen Franken	Geldwert der Tonne Holzkohlen-eisen Franken	Geldwert im ganzen Franken
Hennegau . .	158 032	—	113,97	—	18 010 780
Lüttich . . .	121 780	—	108,31	—	13 191 096
Luxemburg .	—	2 669	—	143,44	325 455
Namur . . .	26 213	13 240	104,08	177,00	5 141 730
	306 025	15 909			36 669 061

Grofse Ausdehnung erhielten die Eisenwerke von Seraing in diesem Zeitraume. 1857 beschäftigten sie 6000 Arbeiter[1]). Puddelstahl kam gegen Ende der 50er Jahre zu allgemeiner Verwendung, besonders für Eisenbahnmaterial, für Radreifen und Schienen mit Laufflächen von Puddelstahl, für Hufeisen, Pflugscharen und Hacken, welche letztere namentlich in Luxemburg fabriziert wurden.

Die Roheisenproduktion Belgiens betrug:

1856	306 025	Tonnen
1859	312 713	„
1860	314 673[2])	„

Die gröfsten Eisenwerke Belgiens, die den übrigen Staaten des Kontinents, besonders Deutschland, vielfach als Muster dienten, bildeten zwei Hauptgruppen, die der Maas im Gebiete von Lüttich und die der Sambre in der Gegend um Charleroi. Zur ersteren gehörten die Werke von Seraing, Ougrée, Sclessin und Espérance, zur zweiten die Werke von Monceau sur Sambre, Couillet, Montigny s/S., Providence in Marchienne, Hourpe s/S. und Chatelineau. Ihre Hochöfen verhütteten damals noch fast ausschliefslich belgische Erze. Die grofsartigen Werke der Gesellschaft John Cockerill zu Seraing hatten 1860[3]) sechs Hochöfen. Für drei derselben diente eine schiefe Ebene zum Heben des Schmelzmaterials auf das Gichtniveau, zwei andere hatten einen vertikalen englischen Gichtaufzug mit Dampfbetrieb, wobei die Dampfmaschine auf der Gicht stand. Von den vier im Betriebe befindlichen Hochöfen hatte nur einer Gasabführung, und zwar in der in Belgien

[1]) Siehe Bericht in Annales des mines 1857, Nr. 31; Dingler, polyt. Journ. 146, S. 430.

[2]) Nach anderer Angabe 319 743 Tonnen.

[3]) Die nachfolgenden Notizen sind dem handschriftlichen Reisebericht des Herrn Geh. Bergrat Dr. H. Wedding von 1860, den er mir in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt hat, entnommen.

Digitized by Google

gebräuchlichen einfachen Weise, dafs ein eiserner Cylinder (Trémie) in der Gicht hing und die Gase durch seitliche gemauerte Öffnungen abgeleitet wurden. Die neuesten Winderhitzungsapparate nach dem Calder-System hatten ovale Röhren. Die flachen Hosenröhren waren 3,05 m hoch. Die Françoisschen Verkokungsöfen waren nur 1 m breit, was damals für sehr schmal galt.

In dem Puddel- und Walzwerk waren die meisten Puddelöfen mit Vorwärmherden versehen. Je zwei Öfen heizten einen Cylinderkessel, der dahinter unter dem Boden lag. Eine Luppenmühle und eine Rohstrecke genügten für 24 Puddelöfen. Die grofsartige Schmiede von Seraing hatte einen Dampfhammer mit beweglichem Cylinder (Condiehammer) von 10 Tonnen Fallgewicht und einen mit Dampf betriebenen Aufwerfhammer. Die Radfabrikation bildete eine besondere Abteilung. Der Bau von Lokomotiven und Schiffsmaschinen war sehr bedeutend und erfolgte in geräumigen Werkstätten.

Die grofse Eisenhütte von Ougrée war terrassenförmig angelegt. Durch einen Tunnel unter dem Erzplatz wurden die Erze von der Maas zugeführt und auf den Möllerboden gehoben. Vier Hochöfen standen in einer Reihe. Bei den Hochöfen hatte man längere Zeit den Betrieb mit intermittierendem Wind geführt (vergl. S. 837). In den dreierlei Koksöfen wurden nur durchgerätterte Kleinkohlen verkokt. Die alten Frommontschen Öfen mit zwei Sohlen hatten nur Seitenerwärmung. Das zweite Koksofensystem war mit Sohl- und Seitenerwärmung und mit Dampfkesselheizung eingerichtet. Bei der dritten Ofenart heizten die Gase der einzelnen Abteilungen ihre Nachbarabteilungen mittels durchlaufender Züge. Diese hatten das gröfste Ausbringen im Gewicht und in Prozenten. Für das Bandagenwalzwerk wurden die Stäbe über einer konischen Walze zu einem cylindrischen Paket gerollt und dieses dann geschmiedet.

Die Anlage zu Sclessin zählte 6 Hochöfen, wovon 4 im Betriebe waren, von diesen machten 3 Puddelroheisen (fonte d'affinage), 1 Gieſsereiroheisen (fonte de moulage). Wie auf allen Mafshütten wurde ein Brauneisenerz (minerai Violet) mit Vorliebe verschmolzen. Die Kokskohlen wurden hier mit hydraulischen Setzsieben gewaschen. Die ausgedehnte Koksfabrik umfafste 5 Batterien von je 48 Françoisöfen mit Sohlen- und Seitenerwärmung. Jede Batterie war mit 3 Essen versehen, zwischen denen Cylinderkessel lagen. Die Gichtgase der Hochöfen wurden abgeleitet, wie zu Seraing, und zur Winderhitzung benutzt. Der Calderapparat hatte die Eigentümlichkeit, dafs die Hosenröhren an Höhe abnahmen, so dafs das erste am höchsten, das fünfte

Digitized by Google

am niedrigsten war. 5 Balanciermaschinen, von denen eine als Reserve diente, lieferten den Gebläsewind. Ein Teil der Gichtgase wurde zur Kesselheizung benutzt, wobei sie durch einen flachen Spalt über einen Rost mit glühenden Kohlen eingeführt wurden. Alle 6 Hochöfen hatten eine gemeinschaftliche Gießhalle, in der noch mehrere Kupolöfen standen. Es wurden viele Hohlkugeln gegossen. Das Walzwerk, das hauptsächlich Eisenbahnschienen lieferte, hatte 20 Puddlings-, 9 Schweiß- und 3 Blechglühöfen. Die Puddlingsöfen hatten Schüttelroste.

Die Hochofenhütte Espérance lag nicht dicht an der Maas, aber nahe dabei und unmittelbar an der Hauptbahn. Sie hatte 4 Hochöfen, 1 Kohlenwäsche mit hydraulischen Setzsieben, durch welche der Aschengehalt der Steinkohlen von 12 Proz. auf 5 bis 6 Proz. vermindert wurde, eine große Verkokungsanstalt mit älteren und neueren Koksöfen. Die zum Verkauf bestimmten Koks wurden mit einer Drahtseilbahn in die Eisenbahnwagen befördert. Man unterschied folgende Roheisensorten: moulage (Gießereiroheisen) Nr. 1 bis 4, hiervon war Nr. 1 (fer fort) am grobkörnigsten, Nr. 4 hatte schon weiße Ränder; das Gießereiroheisen wurde in Sand gegossen; affinage (Puddelroheisen), drei Sorten, affinage grise oder Nr. 5, grau und feinkörnig, affinage truitée, halbiert, und affinage métise ou tendre, weiß, wurde in Coquillen gegossen. Man stach in 24 Stunden dreimal ab und hatte bei Puddelroheisen oft Abstiche von 8000 kg. Da die Erze des Maasgebietes blei- und zinkhaltig waren, so hatte man hier, wie auf den vorgenannten Hütten, mit Gichtschwamm zu kämpfen und erhielt Blei im Gestell, das entweder mit dem Eisen beim Abstich ausfloß oder durch ein Loch im Bodenstein von Zeit zu Zeit abgezapft wurde. Zu Espérance erhielt man auf diese Art monatlich 4000 bis 5000 kg Blei. Von den vier Gebläsemaschinen zu je 80 Pferdekräften war eine liegend, zwei stehend mit Balancier- und Knaggensteuerung und eine stehend und direkt wirkend. Hier hatte man auch Versuche mit dem Bessemerverfahren gemacht, aber ohne Erfolg.

Von den Eisenwerken in der Gegend von Charleroi hatte Monceau sur Sambre 4 Hochöfen von 15,25 m Höhe und 2,10 m Gichtweite. Jeder Ofen hatte drei Formen von 10 cm Öffnung, von denen aber in der Regel nur die beiden seitlichen benutzt wurden. Man blies mit 5 bis 6 cm Pressung. Die Gichtgase wurden durch drei Öffnungen abgezogen, der eingehängte Blechcylinder war 1,37 m hoch. Es waren drei englische Gichtaufzüge mit Ketten ohne Ende, worin die Förderschalen hingen, und ein Wasseraufzug vorhanden. Man gab

Digitized by Google

durchschnittlich in einem Ofen 25 Chargen von 520 kg Koks, 560 kg Kalk und 1385 kg Erz auf und stach alle 12 Stunden ca. 11000 kg Roheisen ab.

In dem Walzwerk lag direkt über je 2 Puddelöfen 1 Dampfkessel. Die 24 Puddelöfen wurden von einem Aufwerfhammer und einer Rohstrecke bedient. Eine Charge von 220 kg Roheisen gab 195 kg Luppenstäbe. Man machte 7 bis 8 Chargen in 12 Stunden mit einem Kohlenaufwand von 1300 bis 1400 kg. In den Schweifsöfen verbrannte man in 12 Stunden 1600 kg Steinkohlen. In dem Walzwerk wurden Eisenbahnschienen und starke Bleche gewalzt.

Couillet war eine grofse, schöne Anlage mit sechs Hochöfen, Giefserei, Walzwerk und Kesselschmiede. Von den Hochöfen waren vier im Betriebe, die von vier Balancier-Gebläsemaschinen von je 80 Pferdekräften bedient wurden; eine fünfte diente als Reserve. Die Hochöfen für Puddelroheisen bliesen mit zwei, der für Giefsereiroheisen mit drei Formen, nur letzterer hatte Winderhitzung. Das Walzwerk lieferte Kesselbleche, Eisenbahnschienen und Baueisen. Hier wurden auch 1856 Versuche mit dem Chenotprozefs gemacht.

Montigny s/S. hatte eine gute Verkokungsanstalt mit Gendebien-Öfen, die sich durch zweckmäfsige Sohl- und Seitenerwärmung auszeichneten und 75 Proz. Ausbringen gaben. Für Puddelroheisen (fer fort) setzte man auf 100 kg Erz 30 kg Kalkstein und verbrauchte 1150 kg Koks auf die Tonne Eisen. In 24 Stunden wurden aus 30 Chargen 22000 kg Roheisen geschmolzen. Die Formen waren 12 cm, die Düsen 10 cm weit und ganz geschlossen. Die Windpressung betrug 10 cm Quecksilber. Für Moulage wurde der Wind in eigentümlichen Hosenröhrenapparaten von Frammont auf 300° C. erhitzt. Aufser zwei Balanciermaschinen hatte man eine liegende Gebläsemaschine mit Schieberventil.

Auf der Hütte Providence zu Marchienne hatte man die Frommont-Koksöfen in Françoisöfen umgebaut. Die drei Hochöfen waren mit Gasentziehung eingerichtet und war der eingehängte trémie konisch, entsprechend der Ofenwand. Für affinage erhitzte man den Wind nur auf 80 bis 100° C. und blies mit 10 bis 12 cm Quecksilberpressung.

Jeder Hochofen hatte seine Gebläsemaschine, eine davon war liegend mit Schiebersteuerung (gliessière). Hier, wie auf den übrigen Hütten dieser Gruppen, liefs man das Puddelroheisen in Coquillen laufen, die meist in langer Reihe senkrecht zur Ofenbrust aufgestellt waren. Das Walzwerk lieferte schönes I-Eisen. Die Walzen für solches von 0,14 m

Digitized by Google

Breite und 0,30 m Höhe hatten nur 7 Kaliber, 3 in den Vorwalzen und 4 in den Fertigwalzen; man walzte bis 6 m Länge. Zum Schneiden des Eisens diente eine Doppelschere.

Das hübsche Walzwerk Bonehill in Marchienne hatte 10 Puddel- und 4 Schweifsöfen in einer Reihe. Je 2 Öfen heizten einen liegenden Dampfkessel. Man walzte hier viel gemustertes Eisen, das meistens nach Spanien ging, wo es zu Möbeln verwendet wurde. Die Oberwalze hing in Lagern, die durch eine Schraube verstellbar waren, wodurch man viele Kaliber sparte.

Auf der Hütte zu Hourpe s/S. hatte man Dulait-Koksöfen.

Bei der Herstellung von Puddelroheisen (fonte d'affinage) stellte sich die Bilanz wie folgt:

Einnahme:

120 kg Koks	enthielten	Wasser	6 kg
		Asche	15
		Kohlenstoff zur Kohlung des Eisens	3
		Kohlenstoff, der verbrennt	96
330 kg Erz	„	Wasser	46
		Eisen	97
		Sauerstoff	41,43
		Gangart	145,57
110 kg Zuschlagkalk	„	Wasser	2
		Gangart	5
		Kaliumoxyd	57,68
		Kohlensäure	45,32
558 kg Wind von 150° C.	„	Sauerstoff	128
		Stickstoff	430
1118 kg			1118 kg

Ausgabe:

mit 120 kg Koks wurde erzeugt:

Roheisen	100 kg
Schlacke	223,25
Wasserdampf	54
Stickstoff	430
Kohlenoxyd	151,50
Kohlensäure	159,25
	1118 kg

Digitized by Google

Wärmeverbrauch:

	Kal.	für 100 Tle.
1. für das Roheisen	30 900 000	3,880
2. „ die Schlacke	96 667 250	12,140
3. „ „ Gichtgase	30 385 200	3,817
4. „ „ Reduktion der Erze . .	174 217 500	21,879
5. „ „ „ des Zuschlags	15 450 000	1,940
6. Wert im Kohlenoxyd	364 054 500	45,722
7. zur Dampferzeugung	28 674 000	3,601
8. Verlust durch Ausstrahlung etc.	55 898 050	7,021
	796 246 500	100,000

Das Walzwerk Zône hatte 14 Puddel- und Schweifsöfen und drei Walzenstrafsen mit 3 liegenden Dampfmaschinen. Man walzte besonders grobes Rundeisen, das nachträglich überschmiedet wurde, für Achsen.

Chatelineau war eine grofse Eisenhütte mit sechs Hochöfen, wovon drei im Betriebe waren, und einem kleinen Walzwerk. Der Ofen für moulage war 16 m, die für fonte d'affinage 15 m hoch. Letztere hatten Gestelle aus Puddlingsteinen, die zum Schutz gegen das Zerspringen mit feuerfesten Ziegeln umkleidet waren; die Gestelle hatten viereckigen Querschnitt; das Gestell für Giefsereiroheisen war ganz aus künstlichen Steinen gemacht. Man blies nur mit zwei Formen. Der Wind für moulage war auf 250° C., der für affinage auf 170° C. erhitzt. Das Walzwerk enthielt ein Feineisenwalzwerk, das von einer 25 pferdigen Maschine getrieben wurde, während eine 80 pferdige Maschine ein Schienenwalzwerk bediente.

Deutscher Zollverein 1851 bis 1860.

Der deutsche Zollverein befand sich am Anfang des fünften Jahrzehnts in einer kritischen Lage und schien der Auflösung nahe zu sein. Die frühere Einigkeit war verschwunden und es herrschten tiefgehende Meinungsverschiedenheiten. Diese traten um so schärfer hervor, als Österreich anfing, freihändlerische Grundsätze zu verkündigen, die innere Zollschranke zwischen Österreich und Ungarn am 1. Oktober 1850 aufhob und der Minister Freiherr von Bruck den kühnen Plan eines grofsen mitteleuropäischen Zollverbandes aufrollte. Preufsen sah darin wohl mit Recht nur einen Versuch, den deutschen Zollverein zu sprengen und die süddeutschen Staaten auch

Digitized by Google

wirtschaftlich enger mit Österreich zu verbinden. Es verhielt sich deshalb ablehnend gegen die weitgehenden Projekte Brucks, schloſs mit Hannover und den mit diesem verbundenen Steuervereinsstaaten am 7. September 1851 einen Vertrag zur Gründung eines gemeinschaftlichen Zollverbandes und kündigte sodann am 15. November 1851 die Verträge mit den seitherigen Zollvereinsstaaten auf den 1. Januar 1854, indem es erklärte, nur mit denjenigen Staaten, welche dem Septembervertrag beitreten würden, in einen Zollbund treten zu wollen. Mit Österreich trat Preuſsen in Unterhandlung wegen Abschluſs eines Zollvertrages, der denn auch am 13. Februar 1853 auf sehr liberaler Grundlage zustande kam. Den dadurch isolierten süddeutschen Staaten blieb nichts anderes übrig, als sich wieder mit Preuſsen zu verständigen und so wurden am 4. April 1853 die Zollvereinsverträge bis zum 31. Dezember 1865 erneuert. Ein neuer groſser Zollbund, der jetzt ganz Deutschland auſser Österreich und den hanseatischen Seestädten umfaſste, war dadurch erstanden. Derselbe war mit Österreich durch den neuen Handelsvertrag in ein freundschaftliches Verhältnis getreten. Der gegenseitige Zoll auf Roheisen betrug nur 1 Mark für 100 kg, für Stabeisen 4 Mark für 100 kg. Der Ausfuhrzoll auf Roheisen an der Ostgrenze des Zollvereinsgebietes wurde aufgehoben. Dagegen hatte sich Belgien schon 1852 dazu verstanden, daſs der Differentialzoll auf Roheisen von 1 Mark auf 1,50 Mark erhöht wurde. 1853 trat dann nach Ablauf des siebenjährigen Begünstigungsvertrages der allgemeine Zollsatz von 2 Mark und 9 Mark für 100 kg Roh- und Stabeisen wieder in Kraft. Die kluge Zollpolitik Preuſsens in Verbindung mit der friedlichen politischen Entwickelung in Deutschland wirkte segensreich auf die Eisenindustrie ein, dazu kamen die technischen Fortschritte, worunter der Übergang zum Kokshochofenbetrieb, besonders im Rheinland und Westfalen, einen groſsen Aufschwung der Roheisenproduktion und der Eisenindustrie überhaupt zur Folge hatte. Diese günstige Entwickelung findet ihren Ausdruck in der umstehenden statistischen Tabelle der Roheisenerzeugung, Eiseneinfuhr, -Ausfuhr und Verbrauch auf Roheisen berechnet.

Aus der oberen Tabelle ist eine starke Zunahme des Eisenverbrauchs entsprechend dem groſsen Aufschwung der Eisenindustrie bis 1858 ersichtlich, von da ab fand ein Rückschlag statt. Die Entwickelung war groſsenteils den technischen Fortschritten der Eisenindustrie in den einzelnen Staaten zu verdanken. Der Bau von Eisenbahnen spielte dabei eine wichtige Rolle. Die Eisenbahnlinien Deutschlands vermehrten sich von 1850 bis 1860 von 5785 auf 10805 km.

Digitized by Google

Produktion, Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch des Zollvereins an Roheisen 1851 bis 1860.

(In Tonnen.)

Jahr	Produktion	Einfuhr	Ausfuhr	Verbrauch	Auf den Kopf kg
1851	218 796	126 670	26 955	318 011	
1852	244 096	130 232	29 230	345 098	13,3
1853	295 586	124 065	29 983	389 668	
1854	369 203	166 830	36 713	499 340	15,0
1855	419 969	197 299	36 069	581 199	17,5
1856	495 113	260 332	59 463	695 982	21,0
1857	536 068	345 903	69 231	812 740	24,5
1858	557 771	356 222	55 115	858 878	25,5
1859	579 993	167 209	45 537	701 665	20,5
1860	545 298	146 219	44 027	647 490	18,5

Produktion von Gufswaren, Stabeisen, Blech, Draht und Stahl im Zollverein.

(In Tonnen.)

Produkte	1853	1857	1860
Gufswaren aus Erzen	42 020	50 531	50 404
Gufswaren aus Roheisen	62 284	112 654	98 985
Stabeisen	252 828	354 012	335 111
Blech	24 423	36 495	43 284
Draht	15 531	19 526	22 764
Rohstahl	8 506	14 877	
Gufsstahl	2 783	6 076	25 312
Raffinierstahl	3 205	3 573	

Preufsen 1851 bis 1860.

In dem Königreich Preufsen nahm die Eisenindustrie in den 50er Jahren einen grofsartigen Aufschwung, am meisten in den westlichen Provinzen, Rheinland und Westfalen, wozu der Bedarf der Eisenbahnen und der Eisenbahnbau am meisten beitrug. Von keinem Staate besitzen wir aus dieser Zeit so genaue und ausführliche statistische Angaben als von Preufsen.

1850 wurde ein neues Berggesetz erlassen, welches eine segensreiche Wirkung auf Bergbau und Hüttenwesen ausübte. In demselben Jahre wurde von der preufsischen Regierung die Vergröfserung der

Digitized by Google

Königshütte in Schlesien durch Neubau von vier Hochöfen angeordnet[1]). Fig. 344 (a. f. S.) zeigt die Königshütte im Jahre 1856 nach einer Originalskizze von Professor Dürre in Aachen, der sie dem Verfasser gütigst zur Benutzung überlassen hat.

Ferner wurde auf Antonienhütte ein neuer grofser nach belgischem Muster erbauter Hochofen angeblasen.

Im ganzen war aber die Lage der Eisenindustrie 1850 eine gedrückte. Dies war auch 1851 noch der Fall. Die Eisenpreise standen in diesem Jahre sehr niedrig, doch begann eine hoffnungsvollere Stimmung platzzugreifen. Im westfälischen Bergamtsbezirk wurde 1850 nur auf einer (Friedrich-Wilhelmshütte bei Mühlheim a. d. Ruhr), 1851 nur auf drei Hütten mit Koks geschmolzen. Die Zahl der Hochöfen in Westfalen betrug 1850 sechs, wovon einer mit Koks und fünf mit gemischtem Brennmaterial, Holzkohle und Koks, betrieben wurden. 1851 zählte man acht Hochöfen. Es war nämlich eine neue Eisenhütte bei Borbeck hinzugekommen, welche Roteisenstein von der Lahn mit Koks verhüttete und bei reichen Erzen und starkem Gebläse die in Deutschland bis dahin unerhörte Produktion von 25 bis 30 Tonnen den Tag hatte. Der Erbauer des Werkes war der belgische Ingenieur Charles Detillieux. 1851 wurde auch die Niederrheinische Hütte bei Duisburg und die Kokshochofenhütte bei Hochdahl gegründet.

Der grofse Aufschwung trat erst im Laufe des Jahres 1852 ein. Am 1. Juli dieses Jahres entstand die neue Hochofenhütte zu Hörde als Aktienunternehmen und zwar mit so aufserordentlichem Erfolg, dafs sie bereits im ersten Jahre, vom 1. Juli 1852 bis 1. Juli 1853, gegen 300000 Thlr. verdiente und 12 Proz. Dividende verteilt werden konnten. Das Werk stand damals unter der Leitung des Specialdirektors Wiesenhahn.

Früher war man der Ansicht gewesen, dafs es in dem Kohlengebiete keine Eisenerze gäbe. 1851 wurden aber an der südlichen und westlichen Grenze derselben Thon- und Brauneisensteinlager und im Dortmunder Revier bei Sprockhoevel auch Kohleneisenstein (blackband) entdeckt. Nachdem diese Erze auf der königl. Eisenhütte zu Sayn probiert worden waren, wurde die Hörder Hochofenhütte zum Zwecke ihrer Ausbeutung erbaut. Ehe diese aber in Betrieb kam, wurden die Kohleneisensteine schon auf der Hütte Markana in der Haspe bei Hagen mit gemischtem Brennmaterial verhüttet. Das Hörder Walzwerk von Piepenstock & Komp., welches 1851 noch unter der alten

[1]) Siehe Beschreibung der Anlage von E. Dürre, Berg- und hüttenm. Ztg. 1891, S. 337, Taf. VIII bis XII.

Digitized by Google

FIG. 344.

Digitized by Google

Firma auf der Londoner Ausstellung ein Räderpaar mit Röhrenachsen und Scheibenräder eigener vorzüglicher Konstruktion ausgestellt hatte, ging ebenfalls in den Besitz der neuen Aktiengesellschaft über.

1852 wurde auf der Borbecker Hütte der zweite Hochofen angeblasen; die neu angelegte Eintrachthütte bei Hochdahl an der Elberfelder Eisenbahn unter Schimmelbuschs Leitung erzeugte bereits 135000 Ctr. Roheisen.

In Brandenburg setzte Borsig Anfang der 50er Jahre sein neu erbautes Puddelwerk zu Moabit bei Berlin in Betrieb. Es arbeitete mit 14 Puddel- und 6 Schweifsöfen, sowie mit zwei Dampfhämmern von je 60 Ctr. und fünf von je 20 Ctr. und war für eine tägliche Produktion von 600 Ctr. eingerichtet. Es verarbeitete schlesisches Roheisen mit englischen Steinkohlen. Im Sommer 1852 wurde in Schlesien der nach neuen Grundsätzen erbaute „Schultze-Hochofen" in Betrieb gesetzt, welcher der alten Gleiwitzer Hütte zu einer neuen Blüte verhalf.

Ein ausführlicher Bericht über den Betrieb der Hüttenwerke im preufsischen Staate im Jahre 1852, in welchem alle Werke aufgeführt und beschrieben sind, findet sich in v. Carnalls Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staat, 1854, I.

Das Hörder Walzwerk zählte 1852 35 Puddel-, 25 Schweifs- und 7 Glühöfen, 2 Quetschwerke, 3 Dampf- und 5 andere Hämmer, 11 Walzwerke und 12 Dampfmaschinen mit 662 Pferdekräften. Die Dampfkessel wurden durch die abgehende Hitze der Flammöfen geheizt. — Zu Gutehoffnungshütte bei Oberhausen gehörten 40 Puddelöfen; das Puddlingswerk von Michiels in der Aue bei Eschweiler, meist kurzweg Eschweiler-Aue genannt, zählte 33 Puddel- und 11 Schweifsöfen. Krupp in Essen hatte 1852 70 Glüh-, Schmelz- und Cementieröfen 6 Hämmer, darunter 1 Dampfhammer von 80 Ctr. Gewicht.

1853 wurden zwei weitere Hochöfen von Detillieux & Komp. zu Hochdahl, zwei von J. J. Langen bei Siegburg (Friedrich-Wilhelmshütte), einer von Stein & Göring bei Duisburg erbaut und auf der Borbecker Hütte wurde der dritte Hochofen angeblasen. Hier wurde auch eine Berardsche Kohlenwäsche und Koksöfen nach dem System Fromont erbaut. Diese Hütten verschmolzen grofsenteils nassauische Erze, von denen in diesem Jahr bereits 1 Mill. Centner nach dem Niederrhein gingen. Graf Stolberg zu Haus Bruch bei Hattingen begann ein grofses Hüttenwerk für die Verschmelzung von Kohleneisenstein zu erbauen. Der Hochofen der 1852 angefangenen Carolinenhütte bei Altenhunden wurde 1853 angeblasen.

1853 wurden zu Hörde auch sechs Flammöfen zur Puddelstahl-

Digitized by Google

fabrikation erbaut. Diese wurde bereits vordem betrieben zu Haspe, Limburg a. d. Lenne und Altenhagen in Westfalen, zu Ründeroth, Geisweid und Olpe im Rheinland und zu Zawadzkiwerk im Kreise Grofs-Strehlitz in Schlesien.

Hüttendirektor Koruszek führte auch auf dem Graf Renardschen Eisenwerk Neu-Strehlitz das Stahlpuddeln mit gutem Erfolg ein[1]).

Auf die schlesische Eisenindustrie übte der am 19. Februar 1853 mit Österreich abgeschlossene Handelsvertrag eine günstige Wirkung.

Das Jahr 1854 war ein Jahr grofsen Aufschwunges. Die Zahl der oberschlesischen Hochöfen war von 1847 bis 1856 von 18 auf 27 gestiegen, ihre Produktion von 261000 Ctr. auf 813000 Ctr. Obgleich, wie hieraus zu ersehen, die Tagesproduktion der schlesischen Kokshochöfen zugenommen hatte, so stand sie doch sehr zurück hinter der der rheinischen und englischen Werke, indem sie nur etwas mehr als 120 Ctr. den Tag betrug; es lag dies hauptsächlich an der Armut der Eisenerze. Die Stabeisenerzeugung mit Steinkohlen in Schlesien erlangte erst um die Mitte und gegen Ende der 50er Jahre gröfsere Ausdehnung durch Erweiterung älterer und Gründung neuer Anlagen, unter welchen letzteren namentlich die Pielahütte bei Rudzinitz, Zawadzkiwerk, Marthahütte, Sophienhütte, Herminenhütte und das neue Drahtwalzwerk von Hegenscheidt in Gleiwitz zu nennen sind.

In Oberschlesien wurden die neuen Hochöfen der Königshütte angeblasen, ferner wurde die grofsartige Hüttenanlage Donnersmarkhütte für den Grafen Guido Henkel von Donnersmark auf Neudeck für sechs Hochöfen von 50 Fufs Höhe unter Leitung des Oberhütteninspektors Sack und des Bauinspektors Nottebohm in diesem Jahre erbaut. 1854 gründete eine Gewerkschaft die Vorwärtshütte zu Hermsdorf bei Waldenburg, infolgedessen auch der alte Eisensteinbergbau zu Schmiedeberg wieder in Aufnahme kam.

1854 vollendete August Borsig in Berlin seine 500. Lokomotive, welches Ereignis er durch ein grofsartiges Fest für seine Arbeiter feierte. Kurze Zeit danach, am 6. Juli desselben Jahres, raffte ihn nach 50jähriger erfolgreicher Thätigkeit der Tod dahin.

Um 1854 wurde der Bau von 23 Hochöfen im Rheinland und Westfalen begonnen. Die Mittel dazu wurden meistens von Aktiengesellschaften[2]) aufgebracht, welche darin bereits 27184000 Thlr. fest-

[1]) Siehe Wachler, Die Lage des Eisenhüttenbetriebes in Oberschlesien. II, S. 130.

[2]) Vergl. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preufsischen Staate. II (1885), S. 98.

Digitized by Google

gelegt hatten, während das Aktienkapital aller übrigen Eisenwerksgesellschaften in Preufsen sich nur auf 6 384 000 Thlr. belief. Die bedeutendsten rheinisch-westfälischen Aktiengesellschaften waren die Concordia zu Eschweiler, die Eschweiler Gesellschaft für Berg- und Hüttenbetrieb, der Hörder Bergwerks- und Hüttenverein, Phönix zu Eschweiler, Friedrich-Wilhelmshütte zu Mühlheim a. d. Ruhr, Gesellschaft der Dillinger Hüttenwerke und Stahlfabrik Gaffontaine. In diesem Jahre kam der erste Hochofen auf der gräflich Stolbergschen Hütte bei Hattingen (Heinrichshütte) und die Hochöfen der Gesellschaft Phönix bei Laar-Ruhrort in Betrieb.

Im Siegerland blieb der Holzkohlenbetrieb bei den Hochöfen herrschend, doch führte man in diesem Jahre auf verschiedenen Hütten Dampfgebläse zur Unterstützung der Wassergebläse ein und auf der Haardter Hütte erreichte man die für dortige Verhältnisse erstaunliche Produktion von 9000 kg in 24 Stunden. Allgemein wurde die Röstung der Spate angewendet. Auf den Hammerhütten nahm der Frischfeuerbetrieb ab, die Blechfabrikation zu.

Im Saargebiet besafs das Eisenwerk Neunkirchen bei Saarbrücken damals 3 Hochöfen, welche teils mit Koks, teils mit gemischtem Brennmaterial betrieben wurden, 2 Kupolöfen, 2 Giefsereiflammöfen, 1 Weifsofen, 15 Puddelöfen, 1 Walzwerk und 1 Frischfeuer und beschäftigte 800 Arbeiter. Der älteste Kokshochofen der Neunkirchener Hütte war schon 1842 angeblasen worden, diesem war 1840 der von Geifslautern im Saargebiet vorausgegangen.

In Westfalen waren Ende 1854 folgende Hochofenhütten vorhanden: Westfaliahütte bei Lünen mit 2, Prinz Rudolfhütte bei Dülmen mit 1, Sundwiger Hütte bei Iserlohn mit 1, Markanahütte bei Haspe mit 1, Hörder Eisenwerk mit 4 und Henrichshütte bei Hattingen mit 2 Hochöfen. Letztere waren 54 Fufs hoch, 15 Fufs $3^1/_2$ Zoll im Kohlensack und 9 Fufs 6 Zoll in der Gicht weit. Die Kokshochofenanlage bei Hafslinghausen, welche ebenfalls auf Kohleneisenstein begründet war, wurde Ende 1854 begonnen. Die anonyme Gesellschaft Phönix legte eine grofse Hochofenanlage zu Kupferdreh bei Langenberg an, welche für 5 Hochöfen projektiert war. Eine grofsartige Anlage „Phönix II“ mit 12 Hochöfen sollte bei Ruhrort errichtet werden. Jacoby, Haniel und Huyfsen erbauten bei Sterkrade zwei neue Hochöfen, welche im Frühjahr, und Concordia bei Eschweiler ebenfalls zwei, welche im Herbst in Betrieb kommen sollten. Die Niederrheinische Hütte bei Duisburg, welche nassauische Erze verschmolz, blies in diesem Jahre ihren ersten Hochofen an.

Digitized by Google

Das Werk war für vier Öfen projektiert. Im ganzen wurden 1854 in Westfalen 772239 Ctr. Roheisen mit Steinkohlen und 79209 Ctr. mit Holzkohlen erzeugt, ferner standen 174 Puddelöfen und 98 Schweifsöfen im Betrieb. Ein neues Puddelwerk Phönix II bei Ruhrort wurde in diesem Jahre mit 34 Puddel- und 14 Schweifsöfen, von denen erstere 17, letztere 7 Dampfkessel heizten, in Betrieb genommen.

Stahl und zwar Cementstahl machten vier Werke im Regierungsbezirk Danzig aus schwedischem Eisen (2080 Ctr.). In Oberschlesien lieferte nur Königshuld 1430 Ctr. Rohstahl. Im Kreise Schleusingen in Thüringen befanden sich acht Rohstahlhämmer mit einer Produktion von 5856 Ctr. In Westfalen gab es 39 Rohstahlwerke mit 46 Hämmern und 6 Cementieröfen und wurden 44136 Ctr. Roh- und Cementstahl produziert. Im Siegerland wurden auf 24 Werken 26541 Ctr. Frischstahl gemacht und das Stahlwerk Gaffontaine im Saarbrückischen lieferte 3642 Ctr.

Puddelstahl machte Zawadzkiwerk in Oberschlesien 6290 Ctr.; in Westfalen wurden 41560 Ctr. (14329 Ctr. mehr als im Vorjahre) erzeugt, wovon Lehrkind, Falkenrod & Komp. bei Haspe 27000 Ctr., Böing, Röhr & Komp. bei Limburg a. d. Lenne 6000 Ctr., Asbeck, Osthaus & Komp. bei Hagen 8560 Ctr. lieferten. Im rheinischen Bergamtsdistrikt wurden 33813 Ctr. Puddelstahl auf neun Werken fabriziert. Davon lieferte das Wickeder Puddelwerk 1363 Ctr., das Ründerother 5317 Ctr., das Meggener 2076, Geisweid 2203. Im ganzen waren 1854 in Preufsen 81663 Ctr. Puddelstahl, 24608 Ctr. mehr als im Vorjahre, produziert worden. Die gesamte Rohstahlfabrikation betrug 167549 Ctr.

Gufsstahl lieferten C. F. Werner zu Neustadt-Eberswalde 2902 Ctr. und Krupp in Essen 25000 Ctr. in 69 Schmelzöfen, 37 Glühöfen, 1 Cementierofen mit 525 Mann. Die von Meyer & Kühne am 23. Juni 1854 in den Besitz des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufsstahlfabrikation übergegangene Hütte lieferte 18182 Ctr., F. Huth in Hagen 3500 Ctr., F. Lohmann in Witten 2727 Ctr., Gaffontaine 135 Ctr. Die ganze Gufsstahlerzeugung Preufsens im Jahre 1854 betrug 52638 Ctr. zu 886023 Thlr., so dafs ein Centner sich auf 16 Thlr. 15 Gr. 7 Pf. oder 100 kg auf 99,14 Mk. stellte. Raffinierter Stahl wurden 77384 Ctr., 31616 Ctr. mehr als im Vorjahre, hergestellt, wovon auf die Grafschaft Mark 58269 Ctr. entfielen.

Das Jahr 1855 brachte die grofsartigste Vermehrung der Eisenerzeugung [1]). Sie betrug im westfälischen Distrikt 337403 Ctr., im

[1]) Siehe Jacobi, Regierungsbezirk Arnsberg.

Digitized by Google

rheinischen 167 203 Ctr. Neue Werke entstanden und die alten wurden vergröfsert. Phönix II. bei Ruhrort setzte den vierten Hochofen in Betrieb, Kupferdreh den zweiten, Henrichshütte bei Hattingen blies im Juli den ersten an. Die gröfste Produktion hatte der Hochofen zu Hochdahl mit 153 426 Ctr. im Jahre oder 46 238 Pfd. in 24 Stunden. Die Puddelstahlfabrikation nahm sehr zu, im Siegerland von 26 946 Ctr. auf 47 225 Ctr. Neue Stahlpuddelwerke entstanden zu Burscheid, Kreis Solingen, welches 5673 Ctr. produzierte, und Bickenbach mit 5909 Ctr. Die Hermannshütte zu Hörde hatte 55 Puddelöfen im Betriebe und verarbeitete 638 800 Ctr. Roheisen. Daraus fabrizierte sie 238 035 Ctr. Eisenbahnschienen, 44 718 Ctr. Blech, 51 870 Ctr. Räder und Achsen und 41 809 Ctr. Gufswaren. In diesem Jahre wurde das Puddel- und Walzwerk zu Wetter nach Dortmund verlegt und als Paulinenhütte mit 20 Puddelöfen in Betrieb gesetzt.

Das Bochumer Gufsstahlwerk schmolz mit 72 Öfen täglich 200 bis 240 Ctr. Gufsstahl.

Im Kreise Hagen wurden 1855 auf 10 Eisenwerken 1 Hochofen, 30 Puddelöfen, 19 Schweifsöfen und 10 Kupolöfen und auf 99 Stahlwerken 31 Stahlfeuer, 129 Raffinierfeuer, 1 Cementierofen und 28 Gufsstahlöfen mit 931 Arbeitern betrieben.

Um diese Zeit legte auch Reinhard Mannesmann, der sich um die Verbesserung der Feilenindustrie in Remscheid grofse Verdienste erworben hatte, in Gemeinschaft mit seinen Brüdern die erste Gufsstahlfabrik in Remscheid an, und machte sich dadurch von dem englischen Gufsstahl unabhängig.

Remscheids Bevölkerung war 1807 auf 5509 Seelen gesunken, 1826 betrug sie 8873 und 1853 13 464, hiervon kamen auf die eigentliche Stadt Remscheid nur 2240. 1854 zählte man in der Gemeinde Remscheid 21 Raffinierhämmer mit 43 Feuern und 88 Arbeitern, mehrere Breit- und Amboshämmer, 2 Eisengiefsereien mit 2 Tiegel- und 1 Kupolofen, 1 Sensenfabrik und aufser mehreren gröfseren Fabrikanlagen 757 Schmiedewerkstätten. Für Schleiferei gab es, aufser 2 Werken mit Dampfkraft von 8 und 40 Pferdekräften, 19 Schleifkotten mit Wasserkraft. In dem benachbarten Lüttringhausen zählte man 1853 8525 Einwohner, 24 Stahlhämmer mit 54 Raffinierfeuern. Die Eisen- und Stahlwarenfabrikation beschäftigte 229 Werkstätten mit 383 Arbeitern, aufserdem noch 6 Schleifkotten mit 8 Arbeitern. In Stade vorm Wald gab es damals 1 Frisch- und 7 Raffinierfeuer, 284 Schlosser, Eisen- und Stahlwarenarbeiter und 180 Gehülfen. Ebenso blühte von alters her das Schmiedegewerbe in der Gemeinde

Digitized by Google

Burg. Anfang März 1848 wurde die von der Seehandlung begründete grofse Eisengiefserei der Firma Hasenclever, Burlage & Komp. zu Burgthal am Eschbach von aufrührerischen Eisenarbeitern zerstört und niedergebrannt. Auf die Eisengiefsereien hier und in Solingen hatte sich ganz besonders der Hafs der Schmiedewarenfabrikanten geworfen. Auf der Burger Bach lagen 1853 die Eisen- und Stahlwarenfabrik Burgthal, eine Fabrik für Wagenfedern und das Stahlwalzwerk „Neufabrik". Aufserdem zählte man in der Gemeinde Burg 4 Stahlhämmer mit 8 Raffinierfeuern und 5 Schleifkotten.

Noch gröfser als 1855 war die Produktionszunahme von Eisen und Stahl im Jahre 1856 in Preufsen. Sie betrug 2098085 Ctr.

Im westfälischen Distrikt (Oberbergamt Dortmund) wurden sieben neue Hochöfen angeblasen, darunter der Ofen Nr. II der Henrichshütte. Zu Mühlhofen a. Rh. in der Nähe von Sayn wurde eine neue Hochofenhütte angelegt. Wie sehr der Koksbetrieb den Holzkohlenbetrieb in Westfalen verdrängt hatte, zeigt folgende Zusammenstellung:

	Zahl der Hochöfen	Produktion		
Für Koks	27	2252591 Ctr.	=	94,8 Proz.
„ Koks und Holzkohlen	2	23620 „	=	1,0 „
„ Holzkohlen	7	99728 „	=	4,2 „
	36	2375939 Ctr.		

Auch im Siegerland hatte der hohe Preis der Holzkohlen damals viele Hochofenhütten veranlafst, Koks ganz oder teilweise zu benutzen. 62,7 Proz. der Produktion wurde mit Holzkohlen, 13 Proz. mit Koks und 24,3 Proz. mit Holzkohlen und Koks gemischt erblasen. Die Hüttenreisen dauerten viel länger als früher; während man vordem glaubte, ein Hochofen könne nicht länger als höchstens 30 Wochen betrieben werden, kamen jetzt Kampagnen von 400 Tagen und mehr vor. — Auf den Rhein- und Moselhütten wurden ebenfalls Holzkohlen und Koks gemischt verwendet.

In Westfalen hatte Hörde seine Produktion um 77194 Ctr. vermehrt. Neue Puddel- und Walzwerke waren die Steinhäuserhütte mit 14 Puddel- und 8 Schweifsöfen, Cosack & Komp. bei Hamm mit 6 Puddel- und 3 Schweifsöfen. Die von Kamp erbaute Paulinenhütte bei Dortmund war an eine Aktiengesellschaft übergegangen.

Die Blechfabrikation nahm einen aufserordentlich grofsen Umfang besonders in Westfalen und Rheinland an. Es erzeugten

Digitized by Google

1856 Hörde 43875 Ctr., Oberhausen 58082, Siegen auf 11 Werken 112739 Ctr., Phönix zu Eschweiler-Aue 64490 Ctr., Rote Erde bei Aachen 18285 Ctr., Eberhardshammer 15025 Ctr., Dillingen im Saargebiet 110855 Ctr., aufserdem Borsig zu Moabit 30000 Ctr. Schwarzblech; Weifsblech fabrizierte Dillingen 37884 Ctr., Hüsten 10000 Ctr. und Neu-Oege 6113 Ctr. Ebenso verhielt es sich mit der Drahtfabrikation. In Westfalen lieferten 21 Werke 290577 Ctr. = 57,7 Proz. der Produktion des preufsischen Staates. Hiervon lieferte F. Thomée zu Ütterlingsen 47297 Ctr., Kissing und Schmöle zu Menden 30682 Ctr., Cossack & Komp. zu Hamm 21900 Ctr., Quincke & Osterbeck zu Linscheid 22000 Ctr., die Altenaer Drahthütten mit 116 Grob- und 123 Feinzügen 57000 Ctr. Im Siegener Bergamtsbezirk erzeugten 5 Werke 106119 Ctr. Draht (18281 Ctr. mehr als im Vorjahre), Rüdinghausen 30682 Ctr., Hüsten 23400 Ctr., Dreſsler III zu Kreuzthal 20902 Ctr., Ferdinandshammer bei Belecke 16900 Ctr., Verein Drahtwerk von Röper 14235 Ctr. und Röper & Söhne zu Altena 19055 Ctr. Im ganzen hatte die Drahtproduktion um 131730 Ctr. (ca. ein Viertel) zugenommen.

Puddelstahl lieferte das Siegerland 56685 Ctr., Westfalen 72183 Ctr.; in Oberschlesien machten die Minervawerke Puddelstahl [1]). Gufsstahl fabrizierte Krupp 52173 Ctr., der Bochumer Verein 21727 Ctr.

1857 war das Jahr der Handelskrisis, welche ein Sinken der Eisenpreise zur Folge hatte. In diesem Jahre verkaufte Graf Stolberg die Henrichshütte bei Hattingen an die Berliner Diskontogesellschaft. Diese Hütte erzielte in diesem Jahre die höchste bis dahin in Deutschland erreichte Produktion eines Hochofens mit 25000 kg in 24 Stunden mit Roteisenstein, Black-Band und Spaterz.

Im Jahre 1858 machten sich die Folgen der ungünstigen Geschäftslage durch eine Verminderung der Produktionszunahme bemerkbar. Am 5. Januar wurde der neue Kokshochofen zu Mühlhofen angeblasen. Ferner wurde in diesem Jahre je ein Hochofen der neugegründeten Gesellschaften Porta Westphalica bei Porta an der Weser, Teutonia und Blücher zu Aplerbeck in Betrieb gesetzt. Dagegen lagen im Bergamtsbezirk Essen viele Öfen kalt. Von den vier Öfen zu Borbeck ging nur einer, von Phönix II zu Ruhrort drei, von Phönix III zu Kupferdreh nur einer. Die neue Hütte Vulkan bei Duisburg hatte vier Öfen gebaut, aber nur zwei in Betrieb genommen.

[1]) Siehe Bericht von Scharf über die schlesische Gewerbeausstellung von 1857 in der Preufsischen Zeitschrift etc. 1858, S. 101.

Digitized by Google

Die neue Johannishütte bei Duisburg hatte zwei Öfen fertig gestellt, blies sie aber wegen der ungünstigen Konjunktur nicht an.

In der Stabeisenindustrie kam die Fabrikation schwerer Träger für Bauzwecke, sogenannte eiserne Balken, in Aufnahme und zwar zuerst in dem Walzwerk Eschweiler-Aue, welches Doppel-T-Träger, I, von 9 Zoll Höhe und 24 Fufs Länge walzte. Die Blechfabrikation erreichte in diesem Jahre ihren Höhepunkt. Es wurden in Preufsen 729643 Ctr. Blech gewalzt, davon lieferte der westfälische Bergamtsbezirk 325043 Ctr., der rheinische 289802 Ctr.

1859 trat eine empfindliche Stockung im Eisengeschäft ein, wozu der italienische Krieg und die Mobilmachung in Preufsen wesentlich beitrugen.

Auf der Königshütte in Oberschlesien wurde immer noch „Reineisen" im Gasflammofen gemacht und zwar 33035 Ctr. Die Eisengiefserei hatte ihren Hauptsitz in Berlin. Hier lieferte die königliche Giefserei 23510 Ctr. und 20 Privatgiefsereien 262769 Ctr. Gufswaren. Die gröfste war die von Freund. 1860 zählte man in Berlin bereits 106 Maschinenfabriken, von denen 18 eigene Giefsereien hatten. In Westfalen entstanden neue Hochöfen zu Hofolpe und zu Finnentrop im Sauerland. Die neue Hochofenanlage zu Meppen in der hannoverschen Provinz Ostfriesland, deren Bau 1857 begonnen worden war, hatte zwei Hochöfen. Sie war begründet auf die Verschmelzung der Rasenerze der Ems- und Hase-Niederungen mit englischem Koks, letzterer wurde aber bald durch westfälischen verdrängt.

Im westfälischen Bezirk waren von 402 Puddel- und 250 Schweifsöfen nur 290 Puddel- und 194 Schweifsöfen im Betriebe.

Im rheinischen Bergamtsbezirk verarbeiteten die fünf grofsen Walzwerke Phönix I und Eberhard Hösch & Söhne bei Eschweiler, Ruetz & Komp. zu Rote Erde bei Aachen, Englerth & Cünzer zu Eschweiler Pumpchen und Eberhard Hösch & Söhne zu Lendersdorf gröfstenteils belgisches Eisen, nur ein kleiner Teil kam von Concordiahütte, von der Eifel und von Siegen.

Krupps Gufsstahlfabrikation stieg 1859 auf 75000 Ctr.

Im Saargebiet waren bis in die 50er Jahre nur die rheinischen Erze verhüttet worden. 1851 begann Stiringen mit der Verhüttung der „Minette". Die 1856/57 gegründete Burbacher Hütte mit vier Hochöfen wurde von vornherein auf die Verarbeitung dieses Eisensteins eingerichtet. Seitdem hat die Leichtschmelzigkeit und billige Gewinnung dieses lothringisch-luxemburgischen Erzes auch auf den übrigen Werken des Saargebietes die einheimischen Erze vollständig

Digitized by Google

verdrängt. Dadurch wurde zugleich eine grofse Steigerung der Produktion herbeigeführt. Zur Erzielung von Qualitätseisen bezog man aber siegensche und nassauer Erze. Die auf der Burbacher Hütte in den ersten Jahren ihres Bestehens durchgeführte Verschmelzung der Minette mit einem Gemenge von Koks und roher magerer Steinkohle mufste wegen der Unregelmäfsigkeit des Ofenganges wieder aufgegeben werden.

Wie beim Steinkohlenbergbau, so datiert auch bei der Eisenindustrie des Saargebietes der Hauptaufschwung erst von Eröffnung der das Gebiet durchschneidenden Eisenbahnen zu Anfang der 50er Jahre. Neue Absatzgebiete wurden dadurch erschlossen. Die Fabrikation der Eisenbahnschienen war es, welche die neuen grofsartigen Hochofen- und Walzwerksanlagen zu Stiringen (1848 bis 1851) und zu Burbach (1856 bis 1857) ins Leben rief.

Im Jahre 1854 — dem zweiten nach Eröffnung der Saarbrücker Eisenbahn — standen auf den preufsischen Eisenhütten des Saargebietes 8 Hochöfen (Neunkirchen 4, Geifslautern 2, Fischbach und Bettingen je 1) in Betrieb und erreichte die Produktion derselben 196236 Ctr. Roheisen, wovon 80 Proz. bei Koks erblasen waren.

An Schmiedeeisen wurden auf den Hütten zu Neunkirchen, Geifslautern, Dillingen und Fischbach mit 29 Puddelöfen (Neunkirchen 20, Geifslautern 9) und 22 Frischfeuern 42545 Ctr. Eisenbahnschienen (zu Neunkirchen), 128448 Ctr. sonstiges Stabeisen, 92596 Ctr. Schwarzblech und 20916 Ctr. Weifsblech dargestellt, darunter 2 Proz. des Stabeisens und 17 Proz. des Bleches mit Holzkohlen. Die Stahlhütte Gaffontaine produzierte 3642 Ctr. Rohstahl, sowie 2884 Ctr. Raffinierstahl und 135 Ctr. Gufsstahl. Alle diese Werke beschäftigten etwa 1750 Hüttenarbeiter.

Im Jahre 1859 beschlofs die königlich preufsische Regierung die Gründung einer eigenen Bergakademie in Berlin und berief zunächst den Bergassessor Lottner von Bochum, der im Wintersemester 1859/60 mit seinen Vorträgen über Bergbaukunde begann.

Der geschäftliche Niedergang dauerte im Jahre 1860 fort. Das für die rheinische Industrie wichtigste Ereignis dieses Jahres war die Eröffnung der Deutz-Giefsener Eisenbahn, wodurch den rheinischen Hüttenwerken eine bessere Erzzufuhr von der Lahn eröffnet wurde. Im Juli wurde ein neuer Hochofen „Marie Prudence“ zu Stolberg bei Aachen von Gillon & Komp. angeblasen.

Die Entwickelung des preufsischen Eisenhüttenwesens in diesem Zeitraume wird durch die nachfolgende Tabelle veranschaulicht.

Digitized by Google

I. Übersicht der Eisenproduktion in Preufsen 1851 bis 1860.

(In Tonnen.)

Jahr	Roheisen	Schmiede-eisen, Blech, Draht	Stahl	Jahr	Roheisen	Schmiede-eisen, Blech, Draht	Stahl
1851	137 578	168 412	7 195	1856	344 835	325 809	18 166
1852	157 045	207 701	7 455	1857	394 835	332 052	20 050
1853	197 925	239 052	10 085	1858	405 426	363 335	16 545
1854	246 933	249 644	11 059	1859	396 891	325 152	16 830
1855	285 615	286 711	14 647	1860	395 741	324 771	21 104

II. Hochofenproduktion in Preufsen von 1851 bis 1860.

Jahr	Roheisen in Gängen Tonnen	Gufswaren Tonnen	Rohstahl-eisen Tonnen	Zusammen Tonnen
1851	121 561	16 017	6052	143 630
1852	136 803	19 002	5469	161 274
1853	174 161	23 764	7072	204 997
1854	217 295	29 638	7238	254 171
1855	255 748	29 867	7289	292 904
1856	312 636	32 199	8803	353 638
1857	357 379	33 588	6306	397 273
1858	371 919	33 507	7917	413 343
1859	366 486	25 076	5329	396 891
1860	362 062	28 503	4145	394 710

III. Hochofenproduktion in den preufsischen Bergdistrikten 1851 bis 1860.

Jahr	Schlesien Tonnen	Brandenburg Preufsen Tonnen	Sachsen Thüringen Tonnen	Westfalen Tonnen	Rheinland Tonnen	Ganz Preufsen Tonnen
1851	62 886	394	2740	11 968	65 642	143 630
1852	67 243	228	3227	21 689	64 657	157 044
1853	72 961	1362	5294	30 176	93 417	204 210
1855	85 370	6887		85 896	123 235	301 388
1857	105 081	6809		139 814	145 570	397 274
1858	103 889	8763		130 284	162 490	405 426
1859	106 232	5976		121 334	163 349	396 891
1860	100 034	890	4268	136 313	153 205	394 710

Digitized by Google

Die Zahl der betriebenen Hochöfen betrug 1851 191, 1852 172, 1853 214. Das Ausbringen eines Ofens belief sich im Durchschnitt 1851 auf 14406 Ctr., 1852 auf 18051 Ctr. 12 Proz. der Hochofenproduktion bildeten Gufswaren. Mit Koks wurden erzeugt 1851 25,6 Proz., 1852 38,9 Proz., 1853 38,1 Proz., 1854 43,3 Proz., 1855 47,2 Proz., 1856 56,7 Proz., aufserdem wurden in diesem Jahre noch 8,6 Proz. mit gemischtem Brennmaterial geschmolzen, so dafs nur 37,7 Proz. reines Holzkohleneisen verblieb. Zu Ende des Jahrzehnts betrug die Roheisenerzeugung mit Koks an 70 Proz. Schmiedeeisen wurden 1852 70 Proz., 1856 83,76 Proz. mit Steinkohlen dargestellt. Charakteristisch ist, dafs bis 1855 die Erzeugung von Schmiedeeisen und Stahl die von Roheisen noch merklich übertraf. Es kam dies besonders daher, dafs in Rheinland und Westfalen viel belgisches Roheisen verarbeitet wurde.

IV. Gufswarenerzeugung in Preufsen 1851 bis 1860.

Jahr	Erster Schmelzung		Zweiter Schmelzung		Summe
	Tonnen	Proz.	Tonnen	Proz.	Tonnen
1851	16 017	31,7	34 544	68,3	50 561
1852	19 002	—	47 987	—	66 989
1853	23 764	—	51 684	—	75 448
1854	29 638	—	65 129	—	94 767
1855	29 867	26,4	83 424	73,6	113 291
1856	32 199	—	85 534	—	117 733
1857	33 587	—	96 194	—	129 781
1858	33 508	—	114 397	—	147 905
1859	25 076	—	74 930	—	100 006
1860	28 503	27,1	76 675	72,9	105 178

V. Stabeisenerzeugung in Preufsen 1851 bis 1860.

Jahr	Stabeisen und Schienen mit Steinkohlen		mit Holzkohlen		Summe	Blech	Draht
	Tonnen	Proz.	Tonnen	Proz.	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1851	98 235	67,6	47 026	32,4	145 261	13 821	11 458
1852	125 345	—	54 043	—	179 388	15 581	13 829
1853	147 904	—	55 223	—	203 137	21 196	14 728
1854	155 803	—	52 449	—	208 252	22 098	19 294
1855	194 623	80,9	45 921	19,1	240 543	27 576	18 594
1856	223 385	—	43 302	—	266 687	33 942	25 180
1857	246 612	—	36 051	—	282 663	31 750	17 639
1858	266 845	—	36 027	—	302 872	36 482	23 981
1859	239 875	—	27 473	—	268 348	34 607	22 197
1860	241 460	90,9	24 252	9,1	265 682	37 100	21 969

Digitized by Google

VIa. Stahlerzeugung in Preufsen 1851 bis 1860.

Jahr	Rohstahl mit Steinkohlen	Rohstahl mit Holzkohlen		Gufsstahl	Summe
	Tonnen	Tonnen	Proz.	Tonnen	Tonnen
1851	1 719	4628	64,3	848	7 195
1852	2 238	3582	—	1635	7 455
1853	2 911	4391	—	2783	10 885
1854	4 138	4239	—	2682	11 059
1855	5 764	4661	31,8	4222	14 647
1856	8 563	4763	—	4840	18 166
1857	11 093	3215	—	5742	20 050
1858	7 504	3024	—	6018	16 546
1859	9 034	1956	—	5840	16 830
1860	12 882	1718	8,1	6504	21 104

Hiervon lieferte im Jahre 1852 Westfalen 56,5, Rheinland 37,2, das übrige Preufsen 6,3 Proz.; 1856 entfielen auf Westfalen 52,1, auf Rheinland 44,2 Proz.

VIb. Stahlsorten in Preufsen 1851 bis 1860.

Jahr	Rohstahl (Frisch-, Cement- und Puddelstahl)	Gufsstahl	Raffinier- oder Gärbstahl
	Tonnen	Tonnen	Tonnen
1852	5 819	1635	4991
1853	7 302	2783	2288
1854	8 377	2682	3869
1855	10 424	4222	4492
1856	13 327	4840	3851
1857	14 059	5742	3059
1858	10 527	6018	3252
1859	10 990	5840	3392
1860	14 600	6504	3309

Während die Gufsstahlerzeugung zunahm, nahm die Verwendung von Raffinierstahl ab. Letzterer wurde zum gröfsten Teil in Westfalen (in der Mark und im Bergischen) dargestellt; 1852 entfielen auf Westfalen 89,3 Proz.

Von Interesse ist auch die schnelle Zunahme der Dampfmaschinen im Hüttengewerbe Preufsens. In den Eisenhütten und metallischen Fabriken einschliefslich der Maschinenbauanstalten zählte man (nach Huyfsen):

Digitized by Google

1837	. . . 62	Dampfmaschinen	mit	1281 Pferdekräften
1846	. . 208	„	„	4857 „
1855	. . 622	„	„	16004 „
1858	. . 1117	„	„	29700 „

Die aufserpreufsischen Zollvereinsstaaten 1851 bis 1860.

Preufsen war durch den Zollverein mit den übrigen deutschen Staaten wirtschaftlich verbunden. Der Aufschwung der preufsischen Eisenindustrie übte seinen segensreichen Einfluſs auch auf die übrigen Zollvereinsstaaten aus. Allerdings konnte deren Eisenindustrie nicht gleichen Schritt halten, weil ihr „das tägliche Brot der Industrie", die Steinkohle, fehlte oder nur in geringerem Mafse zu Gebote stand. Nur die Königreiche Sachsen, Bayern und Hannover verfügten über Steinkohlenablagerungen von nicht grofser Ausdehnung. Die meisten nichtpreufsischen Zollvereinsstaaten waren deshalb noch auf Holzkohlenbetrieb angewiesen.

In Hannover wurde im Jahre 1856 der Georg-Marien-Bergwerks- und Hüttenverein zu Osnabrück gegründet. Derselbe hatte die Beckenroder Hütte mit Holzkohlenhochofen, einem Walz- und Puddelwerk und einer Kupolofengiefserei, sowie Eisensteinmutungen erworben und errichtete 1858 in seinem Eisensteingebiet bei Malbergen den ersten Kokshochofen der berühmten Georg-Marien-Hütte.

Bayern hatte nur in der westlichen Rheinpfalz Koksbetrieb. Die Maximilianshütte, welche 1851 in der Nähe von Regensburg in modernem Sinne errichtet worden war, sollte hauptsächlich ein Puddel- und Walzwerk mit Braunkohlenbetrieb sein, bei dem die in der Nähe gewonnenen Braunkohlen Verwendung finden sollten. Die Grobkohle wurde getrocknet und sortiert bei den Schweifsöfen, die Feinkohle bei den Puddelöfen verwendet. Man verbrannte sie auf horizontalen Rosten mit Oberwind, der im Aschenfall etwas vorgewärmt wurde. Zum Puddeln bediente man sich der Doppelöfen. Hauptgegenstand der Fabrikation waren Eisenbahnschienen. Der mit dem Werk verbundene Hochofen wurde mit Holzkohlen betrieben.

Im Jahre 1852/53 hatte Bayern 59 Hochöfen und 15 Blauöfen und zwar in den Revieren Amberg 11, Bergen 2, Bodenmais 2, Bodenwähr 5, Fichtelberg 6, Königshütte 15 (3 davon lagen kalt), München 1, Orb 1, Sonthofen 1 (kalt), St. Ingbert 5 u. s. w.

Die Produktion betrug an

Digitized by Google

Roheisen	18414	Tonnen
Rohstahleisen	84	„
Gufswaren erster Schmelzung	3776	„
Gufswaren zweiter Schmelzung	2408	„
Stab- und Walzeisen	16450	„
Blech	1143	„
Draht	506	„
Stahl	61	„

Auf den 9 badischen Staats-Eisenwerken befanden sich 5 Hochöfen, 1 Kupolofen und 23 Frischfeuer. Von den 5 Walzenstrafsen waren 3 zu Albbruck, 1 zu St. Blasien und 1 zu Hausen.

Die Eisenproduktion des Königreichs Sachsen betrug

1851	in 14	Hochöfen	6901	Tonnen
1852	„ 16	„	6129	„
1853	„ 14	„	6469	„
1854	„ 17	„	8423	„
1855	„ 14	„	9207	„
1856	„ 14	„	13640	„
1857	„ 14	„	14406	„
1858	„ 14	„	13186	„

Die gesamte Eisenerzeugung des Zollvereinsgebietes ergiebt sich aus folgenden Tabellen.

Hochofenproduktion der deutschen Zollvereinsstaaten 1851 bis 1860.

(In Tonnen.)

	1851	1852	1853	1856	1857	1860
Preufsen	145 130	164 271	204 996	353 650	397 274	394 710
Bayern	15 666	19 366	24 299	33 800	44 538	32 309
Sachsen	9 557	8 409	8 782	10 000	14 406	16 212
Württemberg	6 908	7 463	6 223	8 000	10 893	10 751
Baden	3 495	4 936	5 117	5 500	2 571	6 418
Kurhessen	4 572	4 671	4 396	4 000	6 754	6 166
Grofsherzogtum Hessen	6 550	6 746	7 239	7 500	10 208	14 431
Braunschweig	3 815	3 738	3 995	1 000	3 063	5 166
Hannover	—	—	—	—	7 491	24 021
Nassau	16 956	18 722	19 914	50 000	17 319	20 841
Thüringische Staaten	3 750	3 750	3 750	3 750	3 500	3 300
Die übrigen kleinen Staaten	3 207	3 319	3 612	3 750	1 500	853
Luxemburg	11 000	11 500	14 000	15 000	16 500	15 120
Zusammen	230 606	256 891	306 323	495 950	536 017	550 298

Digitized by Google

Stabeisenproduktion der deutschen Zollvereinsstaaten 1851 bis 1860.

	1853	1857	1860
Preufsen	203 127	282 662	265 682
Bayern	18 000	30 334	30 730
Sachsen	9 766	15 609	9 412
Württemberg	4 366	6 849	6 584
Baden	4 040	2 181	5 490
Kurhessen	1 669	1 997	1 972
Grofsherzogtum Hessen	2 921	2 590	2 154
Braunschweig	1 357	1 976	1 025
Hannover	—	2 800	2 486
Nassau	3 077	1 222	2 367
Thüringische Staaten	2 000	2 500	2 049
Die übrigen kleinen Staaten	1 701	3 167	5 035
Luxemburg	800	125	125
	252 824	354 012	335 111

Der Anteil Preufsens an der Roheisenproduktion des Zollvereins betrug 1853 67,2 Proz., an der Stabeisenproduktion dagegen 80,3 Proz. Von dem Roheisen wurden 1853 217 406 Tonnen mit Holzkohlen und 88 917 Tonnen mit Koks erzeugt; von dem Stabeisen 86 208 Tonnen mit Holzkohlen und 166 617 Tonnen mit Steinkohlen. Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch ergaben sich aus nachfolgender Zusammenstellung, in welcher alles auf Roheisen umgerechnet ist.

Produktion, Einfuhr, Ausfuhr und Verbrauch von Roheisen 1851 bis 1860.

Jahr	Produktion	Einfuhr	Ausfuhr	Verbrauch
1851	218 796	126 671	26 956	318 511
1852	244 096	130 232	29 230	345 098
1853	295 586	124 065	29 983	389 668
1854	369 203	166 830	36 713	499 320
1855	419 970	197 299	36 069	581 200
1856	495 113	260 332	59 963	695 982
1857	536 068	345 903	69 232	812 729
1858	557 771	356 222	55 115	858 878
1859	579 993	167 209	45 537	701 665
1860	545 298	146 218	44 027	647 489

Digitized by Google

Von der Roheiseneinfuhr entfiel auf Belgien 1851 48 Proz., 1852 40 Proz., 1853 47 Proz., 1858 betrug die belgische Einfuhr noch 63255 Tonnen = 23 Proz., sank dann aber 1859 auf 32054 Tonnen = 19 Proz. und 1860 auf 14234 Tonnen = 9 Proz. Fast die ganze übrige Einfuhr kam von Grofsbritannien.

Die Preise für die Tonne betrugen im Rheinland und Westfalen für

	Koksroheisen Mk.	Stabeisen Mk.	Schienen Mk.	Kesselbleche Mk.
1851 . . .	71,20	213	195	342
1852 . . .	72,50	210	193,50	330
1853 . . .	84,50	267	225	360
1854 . . .	100,50	276	232	372

1858 fielen dagegen die Preise rasch. 1857 kostete die Tonne Holzkohlen-Gieſsereieisen noch Mk. 147,10, 1858 dagegen nur Mk. 118,20.

Österreich-Ungarn 1851 bis 1860.

Im österreichischen Kaiserstaat nahm die Eisenindustrie in den 50er Jahren ebenfalls einen grofsen Aufschwung. Diesen verdankt er zunächst einer besseren Ökonomie der Brennstoffe. Österreich hatte keine solche Schätze von vortrefflichen Steinkohlen aufzuweisen, wie die preufsischen Westprovinzen. Durch eine rationelle Verwendung der guten Braunkohlen der Alpenländer, sowie des Torfes und der Holzabfälle, namentlich durch Gasbetrieb, ersetzte es aber diesen Mangel nach Kräften und hielt durch Intelligenz und Fleifs die heimische Eisenindustrie auf der Höhe. Der vortreffliche Tunner trug viel hierzu bei und erwarb sich grofse Verdienste um sein Vaterland. Österreich entbehrte aber nicht gänzlich der Steinkohlen. Hatte man die Kohlenlager in Mähren schon seit längerer Zeit für die Eisenindustrie nutzbar gemacht, so geschah dies in den 50er Jahren auch mit den böhmischen Steinkohlen zu Kladno und mit den ungarischen zu Reschitza im Banat.

Steiermark war zu Anfang dieser Periode, wie von alters her, das wichtigste Eisenland Österreichs. 1851 erzeugte es 915305 Ctr. Roh- und Gufseisen in seinen Hochöfen, davon fielen auf die Staatswerke, „den Montanärar“, mit 11 Hochöfen 375222 Ctr., auf Private mit 20 Hochöfen 540083 Ctr. Aus 770722 Ctr. von diesem Eisen wurden im Lande dargestellt:

Digitized by Google

84217	Ctr.	gewalzte Bleche,
109860	„	„ Stabeisen,
53235	„	„ Eisenbahnschienen,
91470	„	geschlagenes Stabeisen,
179716	„	„ Grobeisen,
121731	„	Stahl,
Zusammen 640229	Ctr.	

Auf Tunners Veranlassung wurde in diesem Jahre zu Eibiswalde auf Staatskosten die Cementstahlfabrikation eingeführt. 1854 gründete Franz v. Mayr das erste Tiegelgufsstahlwerk zu Kapfenberg.

In Kärnten lieferten 1851 14 Hochöfen 557276 Ctr. Roheisen, hiervon wurden

204941	Ctr.	zum Herdfrischen,
265649	„	„ Puddelfrischen,
81475	„	„ Stahlmachen

verwendet.

In den Jahren 1850 bis 1854 wurden in den österreichischen Alpenländern folgende wichtige Neuanlagen gemacht.

In Steiermark erbaute man zu Hieflau einen dritten Hochofen mit einer Wochenproduktion von 1400 bis 1500 Ctr. Zu Mariazell und Neuberg wurden zweckmäfsigere Eisensteinröstöfen mit Treppenrosten zur Benutzung von Kohlenlösche errichtet. Das Mariazeller Gufswerk wurde gänzlich umgebaut und drei neue Hochöfen für 600 bis 800 Ctr. Wochenproduktion errichtet. Die Giefserei wurde durch den Anbau von vier Flammöfen erweitert und die Kanonenbohrwerkstätte durch Errichtung von zehn neuen Bohrstrafsen, welche alle von einer Turbine getrieben wurden, in grofsartiger Weise ausgedehnt. Ebenso wurde das kaiserliche Eisenwerk zu Neuberg gänzlich um- und neugebaut. Es wurde ein grofser und zwei kleinere Dampfhämmer und eine neue Walzenstrafse für starke Kesselbleche aufgestellt. Die Puddel- und Schweifsöfen wurden mit Holzgasfeuerung eingerichtet und ihre Überhitze zur Dampferzeugung verwendet. Hier wurden gelungene Versuche zur Erzeugung von Puddelstahl für Tyres gemacht.

In Kärnten wurde der Gasbetrieb immer mehr ausgebildet. Prävali gebührt das Verdienst, den Puddel- und Schweifsprozefs mit österreichischen Braunkohlen durchgeführt zu haben; auch wurden hier die ersten Treppenroste in Österreich eingeführt. In Niederösterreich wurde 1853 bei Hollenstein ein neues Puddel- und Walzwerk errichtet. In Verbindung mit der oben erwähnten Cementstahlfabrik zu Eibiswalde wurden zu Crumbach vier geschlossene Frischfeuer zur Erzeugung

Digitized by Google

des Materialeisens eingerichtet. In diese Jahre fällt ferner die Erbauung der Gufsstahlhütte zu Reichraming für eine Jahresproduktion von 10000 bis 12000 Ctr. Das Werk kam am 13. Januar 1854 in regelmäfsigen Betrieb. Ebenso wurde 1854 in Oberösterreich zu Reichenau mit dem Bau einer Cement-, Gärb- und Gufsstahlhütte begonnen.

1852 wurden in Österreich 5000 Ctr. Gufsstahl hergestellt und zwar zu Eisenerz, St. Egidi in Oberösterreich und Obervillach in Kärnten. Der Maschinen- und Feilenstahl mufste noch von England bezogen werden.

Zu Kessen in Tirol wurde der erste durchschlagende Erfolg mit Torfgas im Puddelbetriebe erzielt und im Salzburgischen wurde ein neues Puddel- und Walzwerk zu Ebenau mit Torf- und Holzgas-Puddelöfen für die Erzeugung von allen Gattungen von Stabeisen und Blech errichtet.

In Böhmen produzierte das erste Walzwerk, welches die Fürsten von Fürstenberg zu Althütten erbaut hatten, im Jahre 1851 44178 Ctr. 1853 besafs das Werk sechs Puddel- und sechs Schweifsöfen. Der erste Puddelofenbetrieb in Böhmen war zu Rostock eingeführt worden. 1851 hatte man zu Kladno und zu Brás bei Radnitz den Koksbetrieb bei den Hochöfen einzuführen versucht, aber mit schlechtem Erfolg. Zu Brás (Brzás) hatte Graf Zdenko Sternberg auch ein Puddlings- und Walzwerk erbaut, ebenso zu Wilkischen bei Pilsen. Der Gaspuddelbetrieb wurde zu Neuhütten eingeführt. Zu Straschitz errichtete man einen grofsen Hochofen, welcher wöchentlich 800 Ctr. Roheisen lieferte und 15 Kubikfufs Holzkohle für den Centner verbrauchte. Ein weiterer Fortschritt war die Einführung geschlossener Frischfeuer mit Benutzung der Überhitze zum Vorwärmen des Roheisens und zur Erhitzung der Luft, wodurch eine Kohlenersparnis von 3 bis 4 Kubikfufs per Centner erzielt wurde. Zu Dobriv wurde ein Feineisenwalzwerk zur Beseitigung der Streckhämmer und zur Herstellung von besserem und billigerem Zaineisen für die Nagelfabrikation errichtet. Hollubkau und Franzensthal brachten den Munitionsgufs zu grofser Vollkommenheit.

In Mähren wurden im Olmützer Handelskammerbezirk 1851 443633 Ctr. Roheisen auf den Werken von Wittkowitz, Friedland, Zöptau, Riesenburg, Stephanau, Janowitz, Aloisthal und Marienthal erzeugt. Zöptau walzte in diesem Jahre 300000 Fufs Gasröhren und erzeugte 10000 Fufs hydraulische Prefsröhren.

In Niederungarn fallen die Erbauung des Hochofens zu Theisholz und die Errichtung der grofsen Puddel- und Walzhütte zu Březowa mit Holzgasbetrieb in diese Jahre. Das Walzwerk wurde am 1. Dezember

Digitized by Google

1853 eröffnet und zeichnete sich durch die gelungene Erzeugung von Schienen mit harten Köpfen aus.

Am 1. Januar 1855 gingen sämtliche dem Montanärar im Temeser Banate gehörigen Berg- und Hüttenwerke, Forsten und Domänen, darunter auch die Werke von Reschitza, durch Kauf in das Eigentum der Staatseisenbahngesellschaft über, welche die Werke von Reschitza, die im ungarischen Revolutionskriege schwer gelitten hatten, den Fortschritten der Technik entsprechend, neu aufbaute und damit den Grund zu dem berühmtesten Eisenwerke Ungarns legte.

Am 23. Mai 1854 war in Österreich ein neues Berggesetz erlassen worden.

Im Jahre 1855 erzeugte man in 283 Hochöfen 4287177 Ctr. Roheisen und 628487 Ctr. Gufswaren erster Schmelzung. Die Eisenindustrie stand um diese Zeit in hoher Blüte. Zu Lippitzbach waren 18 Gasflammöfen im Betriebe; hinter dem Walzwerk standen 16 Holzdarröfen. Das Gas wurde aus gedarrtem Holz erzeugt. Inzwischen hatte auch der Kokshochofenbetrieb grofse Fortschritte gemacht. Wittkowitz hatte bereits 1851 49784 Ctr. reines Koksroheisen geschmolzen, während man in Stephanau 38264 Ctr. mit einem Gemisch von Holzkohle und Koks darstellte. Die hohen Holzkohlenpreise veranlafsten auch die Werke zu Zöptau und Blansko, zum Koksbetriebe überzugehen. Wittkowitz produzierte 1855 130000 Ctr. Frischroheisen, 16000 Ctr. Gufswaren und über 200000 Ctr. verschiedenes Stabeisen. 1854 hatten die Herren Albert Klein, Lannar und Nowotny in Kladno eine Hochofenanlage ganz nach belgischem Muster zu bauen begonnen. Die Anlage war für 10 Hochöfen projektiert. Sie bezogen sogar für die Gestellsteine belgische Puddlingsteine. Die Produktion von mineralischem Brennstoff in Böhmen, die 1851 7126050 Ctr. betragen hatte, war 1855 auf 16995143 Ctr. gestiegen.

1855 wurde auch mit der Errichtung eines grofsen Puddelwerkes zu Kommerau begonnen.

In Steiermark beschäftigte Graf Henkel von Donnersmark auf dem 1852 erbauten Puddel- und Walzwerk zu Zeltweg 1854 bereits 700 Arbeiter. Erst 1854 begann man in Vordernberg bei den Sefslerschen Hochöfen die Gichtgase zur Dampfkessel- und Winderhitzung zu benutzen. 1855 geschah dies auch bei dem v. Friedauschen Ofen.

Zu Neuberg hatte man das Rösten der Erze mit Kohlenlösche und das Darren des Holzes mit Cinders auf Treppenrosten eingerichtet. Im Hochofen gab man Schweifsschlacken mit auf, die etwa 50 Proz. Eisen gaben. Man puddelte auch Feinkorneisen.

Digitized by Google

Eisenerz produzierte damals im Jahr 400000 Ctr. Roheisen, 50000 Ctr. Herdfrischeisen, 2000 Ctr. Flufsstahl, 35000 Ctr. Schmelz- und Gärbstahl und beschäftigte 2000 Arbeiter.

Die Cementstahlfabrikation hatte nicht unbedeutende Fortschritte in Österreich gemacht[1]). Franz von Mayr in Leoben hatte hieran das gröfste Verdienst. Er führte zuerst die Cementstahlbereitung im grofsen Mafsstabe ein und verwendete den Cementstahl zur Gufsstahlbereitung, während man sich hierfür in Österreich sonst allgemein des Frischstahles bediente. Er wendete auch zuerst Treppenroste in Steiermark an. 1855 zählte man schon 12 Cementieröfen in Österreich. In den Jahren 1854 und 1855 waren 30000 bis 40000 Ctr. in das Ausland zur Gufsstahlbereitung verkauft worden.

Vorzügliche Erfolge hatte durch Verbesserungen der Betriebseinrichtungen das von Dickmannsche Radwerk in der Lölling in Kärnten aufzuweisen, dessen Produktion von 1846 bis 1855 von 174000 Ctr. bis 260000 Ctr. gestiegen war und das nur 65 Pfd. Holzkohlen auf 100 Ctr. Eisen verbrauchte.

Die Statistik der österreichisch-ungarischen Eisenerzeugung ist lückenhaft. Für 1854 wird nachfolgende Hochofenproduktion angegeben:

Böhmen	672926	W.-Ctr.
Bukowina	17865	„
Galizien	61827	„
Kärnten	811685	„
Krain	99376	„
Kroatien und Slavonien .	18518	„
Lombardei und Venedig .	220000	„
Mähren	488286	„
Militärgrenze	34917	„
Salzburg	60763	„
Schlesien	73911	„
Serbien und Banat . . .	150693	„
Siebenbürgen	48556	„
Steiermark	1350601	„
Tirol und Vorarlberg . .	58292	„
Ungarn	815952	„
	4984168	W.-Ctr.

1856 stieg die Produktion auf $5^1/_2$ Mill. Ctr. 1857 trat auch in Österreich ein Rückschlag ein, der 1860 seinen Höhepunkt erreichte.

[1]) Siehe Tunners Jahrb. 1857, Bd. VI, S. 81.

Digitized by Google

Österreichs Hochofenproduktion von 1851 bis 1860.

	Roheisen	Gufswaren I. Schmelzung	Zusammen
	W.-Ctr.	W.-Ctr.	W.-Ctr.
1851 . . .	3089638	522098	3611736
1852 . . .	3227868	702767	3930635
1853 . . .	3774967	706820	4481787
1854 . . .	4031929	516036	4547965
1855 . . .	4287177	628487	4915664
1856 . . .	4591542	542774	5134316
1857 . . .	5034656	640379	5675035
1858 . . .	5327187	627729	5954916
1859 . . .	4966076	700743	5666819
1860 . . .	4934122	647216	5581338

Es wurden erzeugt:	1858 W.-Ctr.	1859 W.-Ctr.	1860 W.-Ctr.
Stabeisen und Blech . .	3360890	2998672	3333207
Stahl	85883	109038	170459

Die Eiseneinfuhr aus dem Auslande war sehr schwankend. Während sie 1851 nur 30606 Ctr. betrug, stieg sie schon im folgenden Jahre auf 317520 Ctr. und 1856 auf 1006790. Den höchsten Stand erreichte sie 1858 mit 2578830 Ctr., worunter 1562237 Eisenbahnschienen und Radkränze waren. In den folgenden Jahren sank sie wieder und betrug 1860: 600284 Ctr.

Eine gute Übersicht für diesen Zeitabschnitt giebt nachstehende Zusammenstellung.

Erzeugung und Verbrauch
von Roheisen in Österreich-Ungarn von 1851 bis 1860.

(In Tonnen à 1000 kg.)

Jahr	Roheisen-Erzeugung		Summe	Einfuhr	Ausfuhr	Roheisen-Verbrauch	Länge der Eisenbahnen in Kilometer
	Österreich	Ungarn		auf Roheisen reduziert			
1851	166994	43378	210372	1053	13589	198286	2345
1852	178518	48098	226616	16703	10014	233305	2345
1853	190128	56339	246467	32685	8879	270273	2409
1854	199884	60218	260102	14812	9893	265021	2610
1855	212569	62708	275277	23188	11839	286626	2824
1856	215098	72423	287521	57422	13462	331481	3154
1857	237434	80368	317802	110433	11841	416394	3719
1858	244677	80586	325263	159749	14015	470997	3953
1859	220128	97214	317342	54777	16724	355395	4703
1860	224724	86964	311688	28676	16425	323939	5393

Digitized by Google

Schweden 1851 bis 1860.

Die Entwickelung der Eisenindustrie Schwedens zeigt grofse Ähnlichkeit mit der der österreichischen Alpenländer, was durch die ähnlichen Verhältnisse bedingt war. Hier wie dort hatte man vortreffliche Eisenerze, war aber durch die Natur auf den Holzkohlenbetrieb angewiesen. Auch in Schweden suchte man durch die Einführung des Gasbetriebes Brennmaterialersparnis zu erzielen. Die Erzröstöfen mit Gasbetrieb gingen von Schweden aus und die Motala-Eisenwerke in Ostgothland stellten bereits 1851 in London ihr in Gasflammöfen gepuddeltes Eisen aus. Auch wurde dort bereits in diesem Jahre ein Röhrenwalzwerk nach englischem Muster betrieben. Ein Nachteil für Schweden war der sehr geteilte Bergwerksbesitz und die vielen kleinen Hüttenwerke. Dies erschwerte die Anlage gröfserer Werke mit besseren Einrichtungen. J. Åckerman, der Vorstand der Bergschule zu Fahlun, ermahnte deshalb in seinem Ausstellungsbericht von 1851 die schwedischen Eisenindustriellen, sich zu verbinden und gemeinschaftlich Walzwerksanlagen zu gründen.

Die Cementstahlfabrikation hatte in Schweden beträchtlich zugenommen und wurden 1850 bereits 43000 Ctr. Cementstahl ausgeführt. Die gesamte Produktion betrug in diesem Jahre an Roheisen 3637985 Ctr., an Stabeisen 1937802 Ctr.; die Ausfuhr betrug 2088839 Ctr. Es wurden 4000 Arbeiter im Eisengewerbe beschäftigt. Im ganzen war aber die Eisenindustrie Schwedens von der Ausfuhr und deshalb von den Zufälligkeiten der Handelskonjunkturen abhängig.

Nach Tunner[1]) betrug

	1851		1855	
die Zahl der Hochöfen im Betriebe	227		234	
„ Blasezeit aller Hochöfen . . .	33098	Tage	37194	Tage
„ Roheisenerzeugung	2587594	W.-Ctr.	3359660	W.-Ctr.
entfallendes Frohneisen	45212	„	34342	„
Jahresproduktion per Ofen . . .	11399	„	14357	„
Produktion in 24 Stunden . . .	78	„	90	„
Frohneisen in Prozenten	1,75		1,02	

Die Profile der Hochöfen näherten sich zweien mit der Basis aufeinandergestellten abgestumpften Kegeln. Dieselben hatten meist bis zum Kohlensack gestampfte Massengestelle und wurden mit 150 bis 250° C. warmem Winde betrieben. Nur das Qualitätseisen in Dannemora

[1]) Siehe Tunner, Das Eisenhüttenwesen in Schweden 1858.

Digitized by Google

blies man nach wie vor mit kaltem Winde. Das Roheisen für den Frischprozefs machte man stark halbiert. Die Schlacke näherte sich einem Bisilikat.

Nach Whitney betrug die Roheisenerzeugung Schwedens 1854 2800000 Ctr.; Tunner nimmt dieselbe aber zu über 3 Mill. Ctr. an. Hinsichtlich der Güte für die Stahlbereitung wurden die schwedischen Hütten, die Dannemoraerze verschmolzen, in drei Rangklassen geteilt:

I. Rang: Löfsta, Osterby, Simö und Rånäs;
II. Rang: Forsmark, Strömsberg, Ullfors und Gyssinge;
III. Rang: Skebo, Harp, Wattholm, Söderfors.

Nur die vier erstgenannten Werke arbeiteten mit reinem Dannemoraerz, die übrigen setzten solches nur zu. Löfsta hatte den gröfsten Ruf.

Sehr wichtig war der Geschützguſs, worin Schweden namentlich für Rufsland während des Krimkrieges grofse Lieferungen auszuführen hatte. Aufser zu Finspång wurden zu Åker und Stafsfö Geschütze gegossen.

Die schwedische Gufswarenerzeugung betrug:

	I. Schmelzung	II. Schmelzung	Zusammen
1851 . . .	53173 Ctr.	67839 Ctr.	121012 Ctr.
1855 . . .	78306 „	86338 „	164644 „

Die schweren Geschützrohre wurden zu Finspång aus zwei Hochöfen gegossen, wobei man so rasch laufen liefs, dafs das Eisen in $^1/_2$ bis $^1/_3$ Minute aus dem Ofen war.

Die Beschickung für den Kanonenguſs war 1857 folgende:

29,8	Lispfd.	Ferolaerz
5,4	„	Jännermaerz
4,1	„	Petängerz
2,7	„	Sterboerz
1,5	„	kleines Brucheisen
1,5	„	Bohrspäne
6,5	„	Kalkstein
51,5	Lispfd.	= 691 Pfd. Wiener Gewichts.

Zu 9 Tonnen Erz wurden 53 Wiener Kubikfufs Holzkohlen aufgegeben.

Die Stabeisenerzeugung betrug

1851 . . .	1860510 W.-Ctr.	1854 . . .	1725530 W.-Ctr.
1852 . . .	1886370 „	1855 . . .	2132110 „
1853 . . .	1927210 „		

Digitized by Google

Der Eisenverbrauch im Inlande war zwar etwas gewachsen, betrug aber nur 10 Pfd. auf den Kopf der Bevölkerung.

Die Stabeisenausfuhr betrug 1855 554060 Schiffspfund[1]). Hiervon gingen nach Grofsbritannien 260290 Schiffspfd., nach Nordamerika 96355, nach Dänemark 52488, nach Deutschland 58442, nach Frankreich 40484 Schiffspfd. In Wiener Centnern betrug die Ausfuhr an Stabeisen 1344780 Ctr., die gesamte Eisenausfuhr 1457162 Ctr. Man zählte etwa 1300 Frischfeuer, aufserdem (1856) 14 Puddelöfen, wovon 7 mit Steinkohlen, 1 mit Torf und 6 (3 Doppelöfen) mit Holz betrieben wurden. Die ganze Produktion der Puddelöfen betrug aber nicht über 100000 Ctr.

1856 wird die Roheisenproduktion zu 4 Mill. Ctr., die Stabeisenerzeugung zu 2300000 Ctr., die Stabeisenausfuhr zu 1580000 Ctr. angegeben[2]). Im Durchschnitt betrug die Ausfuhr von Stab- und Manufaktureisen in den Jahren 1852 bis 1856 2066259 Ctr., 1857 2310842 Ctr., 1858 1583417 Ctr., 1859 2208882 Ctr., 1860 2512163 Ctr.

Die Produktion betrug von

	1859	1860
Roheisen in Masseln	4152995 Ctr.	4230247 Ctr.
Grobguſs von den Hochöfen .	150510 „	123145 „
Gufseisenwaren	140899 „	125400 „
Stabeisen	2840158 „	3219660 „
Eisenmanufaktur und Stahl . .	479526 „	569934 „

Ein wichtiges Ereignis nicht nur für Schweden war die erfolgreiche Einführung des Bessemerprozesses durch den Konsul F. A. Göranson. Nach seinen mit grofser Ausdauer in den Jahren 1857 und 1858 fortgesetzten Versuchen gelang es ihm, am 18. Juli 1858 durch Verminderung der Pressung und Vermehrung der Düsenzahl einen guten Stahl zu erzeugen.

Rufsland 1851 bis 1860.

Die statistischen Nachrichten der übrigen eisenerzeugenden Länder aus jener Zeit sind nur sehr mangelhaft.

In Rufsland betrug die Eisenerzeugung 1856 auf den Kronwerken etwa 40000 Tonnen, auf den Privatwerken etwa 150000 Tonnen.

---

[1]) 1 Schiffspfund Berggewicht = ca. 3 Ctr.

[2]) Vergl. über das Hüttenwesen in Schweden die ausführliche Abhandlung von Durocher in den Annales des Mines von 1857. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1857, Nr. 8.

Digitized by Google

1857 betrug die Produktion Rufslands von Roheisen 213930 Tonnen, von Stabeisen 179585 Tonnen, von Stahl 1990 Tonnen. 1/5 hiervon lieferten die Uralgouvernements Perm, Orenburg, Viatka und Wologda. Der gröfste Eisenmarkt war die grofse Messe zu Nischnei-Nowgorod, wo jährlich 60000 bis 100000 Tonnen verkauft wurden. Die inländische Produktion genügte nicht für den Bedarf. Es machte sich bereits in vielen Hüttenbezirken Holzmangel fühlbar.

Auch in Rufsland war man bestrebt, Cementstahl im eigenen Lande zu bereiten, und zwar zu Wotinsk im Ural. Man hatte englische Arbeiter aus Sheffield berufen und die Fabrikation in englischer Weise dort eingerichtet. Der Cementstahl wurde teils für sich, teils zur Fabrikation von Gufsstahl verwendet.

Polens Eisenproduktion hatte durch die Verwendung der Steinkohlen, besonders zu Dombrowa, eine grofse Steigerung erfahren. Es wurde erzeugt:

	1857	1859
Roheisen	432269 Pud [1])	553679 Pud
Frischeisen . . .	58912 „	64155 „
Puddeleisen . . .	222098 „	269505 „
Eisenblech . . .	20000 „	29839 „
Gufswaren . . .	68946 „	78303 „

In Finnland bestanden 1858 21 Hochöfen und 20 „Blasewerke", d. h. Bauern- oder Stücköfen für die 16 Osmundschmieden. Die Erzeugung betrug 300000 Ctr. Roheisen und 84000 Ctr. Stangeneisen, wovon 20000 Ctr. von den Bauernöfen.

Nach einem Bericht von A. Keppen für die Weltausstellung von Chicago betrug die durchschnittliche Produktion des Russischen Reiches in den Jahren

	Roheisen Pud	Schmiedeeisen Pud	Stahl Pud
1851 bis 1855	14000000	10800000	70000
1856 bis 1860	16600000	11700000	104000

Eisenbahnmaterial wurde aus dem Auslande bezogen. Als im Jahre 1855 mit dem Bau des russischen Hauptbahnnetzes begonnen wurde, forderte die russische Regierung die heimischen Eisenwerke auf, Schienenwalzwerke zu errichten. Vier uralische Hütten versprachen dies, aber nur zwei führten das Versprechen aus und walzten 1856 bis 1860 etwa 53200 Tonnen Schienen. Die Länge der russischen Eisenbahnen stieg in der Zeit von 1850 bis 1860 von 468 auf 1490 Werst.

[1]) 1 Pud = 16,381 kg.

Digitized by Google

Während früher Rufsland Eisen ausführte, war es jetzt gezwungen, grofse Mengen von Eisen und Eisenwaren aus dem Auslande zu beziehen; jedoch erhob man bis 1857 einen Schutzzoll von 15 Kopeken für das Pud Roheisen und 50 bis 90 Kopeken für das Pud Schmiedeeisen. Diese Sätze wurden aber 1859 auf 5 Kopeken für Roheisen, 35 Kopeken für Stabeisen, Eisenabfälle und Schienen, 45 Kopeken für Eisenwaren, 75 Kopeken für Blech und Kesselbestandteile und 70 Kopeken für Stahl herabgesetzt.

Spanien 1851 bis 1860.

Spaniens Eisenproduktion betrug 1850 bis 1853 im Durchschnitt 575400 Ctr.[1]) Schmiedeeisen, 161200 Ctr. Gufswaren und 11000 Ctr. Stahl. 1854 stieg die Eisenproduktion auf 750000 Ctr. Die Eiseneinfuhr betrug nicht unter 600000 Ctr. — Das erste Walzwerk in Spanien wurde 1853, die ersten Puddelöfen 1854 auf dem Werke Santa Ana de Bolueta in Biscaya in Betrieb gesetzt.

Das königliche Eisenwerk zu Truvia, welches hauptsächlich Artilleriebedarf lieferte, wurde ebenfalls 1853 sehr vergröfsert, indem ein Puddel- und Walzwerk mit allen neuen Verbesserungen errichtet wurde. Diese Hütte umfafste aufserdem zwei Kokshochöfen, welche mit Koks aus englischen Steinkohlen betrieben wurden, Flamm- und Kupolöfen und hatte eine bedeutende Geschützgiefserei.

Das Eisenwerk Mieres in Asturien hatte ebenfalls zwei Kokshochöfen und ein Walzwerk.

In Nordspanien war die direkte Eisengewinnung in Catalanschmieden noch vorherrschend. Doch war die Zahl der Catalanschmieden seit Anfang des Jahrhunderts zurückgegangen und erfuhren weiteren Rückgang durch die Einführung des Chenotprozesses. Dieser wurde 1852 zu Baracaldo bei Bilbao zuerst versucht. 1854 wurde der erste Chenotofen von Ibarra erbaut. 1859 standen auf den Baracaldowerken bereits acht Öfen im Betriebe.

Andere Länder 1851 bis 1860.

An den wichtigen Fortschritten des Eisenhüttenwesens in dem dem Jahre 1860 vorausgegangenen Jahrhundert hatten nur die wenigen angeführten Länder mehr oder weniger teilgenommen. Die Eisengewinnung in den übrigen Gebieten der Erde, räumlich weitaus den

[1]) Quintals = 46 kg.

Digitized by Google

gröfsten, in der Türkei, in Asien, Afrika, Mittel- und Südamerika, erfolgte noch in der ursprünglichen Weise, wie es im ersten Bande geschildert worden ist. Man gewann unreines schmiedbares Eisen in Rennfeuern oder Stücköfen unmittelbar aus den Erzen. Letzteres geschah beispielsweise in der Türkei, besonders in Bosnien. — Die Versuche, europäischen Betrieb in den übrigen Erdteilen einzuführen, hatten nur geringen Erfolg.

In Brasilien hatte schon im Jahre 1810 die Provinz S. Paulo zu Ipanema eine Eisenhütte mit zwei Holzkohlenhochöfen von je 8 m Höhe, die abwechselnd betrieben wurden, errichtet.

Aufsehen erregte die Anlage eines nach englischem Muster von dem berühmten Josiah M. Heath für eine Gesellschaft (Indian Steel, Iron and Chrom Company) Ende der dreifsiger Jahre zu Porto Novo bei Beypur in Ostindien erbauten Eisenhüttenwerkes, das einen vorzüglichen Stahl lieferte. Das Werk hatte Hochöfen und Puddelöfen. Nach Heaths Tode (1850) machte das Werk ausgangs der fünfziger Jahre noch einmal durch die erfolgreiche Einführung des Bessemerprozesses, zu einer Zeit, als man in England dieses Verfahren noch sehr abfällig beurteilte, von sich reden. Dennoch kam das Werk 1861 zum Erliegen, hauptsächlich deshalb, weil die schwächlichen Eingeborenen der beschwerlichen Arbeit nicht gewachsen und englische Arbeiter zu teuer waren.

Bessemers grofse Erfindung war der Morgenstern einer neuen Zeit für die Eisenindustrie, der einem hellen Tage in den folgenden Jahrzehnten voranleuchtete. Die Geschichte dieses glänzendsten Abschnittes der Geschichte des Eisens zu schildern, wird die Aufgabe des nächsten und letzten Bandes dieses Werkes sein.

Digitized by Google

Druckfehlerverzeichnis.

Seite	19,	Zeile	18	von	oben	lies Pantz statt Panz.
„	29,	„	8	„	„	„ Stromeyer statt Strohmeyer.
„	35,	„	16	„	„	„ Koks statt Kokes.
„	112,	„	17	„	unten	„ Penydarran statt Pennydarran.
„	138,	„	14	„	oben	„ Fothergill statt Fothergil.
„	190,	„	1	„	„	„ Skebo statt Skabo.
„	209,	„	15	„	unten	„ Duleau statt Dulong.
„	260,	„	18	„	oben	„ à cages statt à cage.
„	285,	„	5	„	unten	„ Savery statt Savary.
„	371,	„	16	„	oben	„ Sykes statt Syks.
„	380,	„	16	„	„	„ Shuylkill statt Schnylkill.
„	435,	„	16	„	„	„ Teague statt Teagne.
„	476,	„	12	„	„	„ Staubkohlenverkokung statt Staubverkokung.
„	485,	„	5	„	„	„ Berard statt Berhard.
„	486,	„	18	„	„	„ Wärmeeffekte statt Wärmeeinheiten.
„	535,	„	14	„	unten	„ Steinkohlenroheisen statt Koksroheisen.
„	545,	„	19	„	„	„ Eisenbahnlinien statt Eisenbahnlien.
„	554,	„	6, 9, 16	von	oben	lies Vorglühherd statt Verglühherd.
„	558,	„	1, 3, 7, 10, 12, 15	von	oben	lies Vorglühherd statt Verglühherd.
„	587,	„	16	von	unten	lies Guenyveau statt Guiniveau.
„	595,	„	1	„	„	„ Bourdon statt Bourton.
„	706,	„	2	„	oben	„ Bergeborbeck statt Borgeborbeck.
„	805,	„	15	„	„	„ Kohlensetzsieb statt Kohlensatzsieb.
„	830,	„	1	„	unten	„ Cwm-Celyn statt Cwm-Cellyn.
„	859,	„	14	„	oben	„ Henry Bessemer statt John Bessemer.
„	1007,	„	15	„	„	„ Stafsjö statt Stafsfö.

Digitized by Google

REGISTER.

A.

Aachen 355, 711.
Aaron Manby 142.
Abbainville 578, 589.
Abbrand 322.
Abel, F. A. 792.
Abentheuerhütte 184.
Aberdare 824, 964.
Abernant 87, 964.
Abstichseite 88.
Abstreifmeifsel 265.
Abstreifvorrichtung 615, 617.
Abtsgemünd 187, 531.
Abwärmen 239, 523, 524.
Accise 357.
Achenbach 351, 709.
Achse, hohle 918, 943.
Achtelcarburet 794.
Achthal 730.
Acoz 683, 685.
Adam 642.
Adams, David A. J. 634.
Adamson, D. 952.
Adolfsthal 742.
Adoucieren 539.
Adoucierte Messer 706.
Adoucierter Stahl 783.
Aduzieren = Adoucieren.
St. Ägydi = St. Egid 740.
Ägypten 946.
Äquivalent 39.
Affinage = Puddelroheisen 978 — 980.
Affinität 39.
Af Uhr, Dav. 64, 123, 187, 188, 190, 369, 429.
Agnew, David 771, 968.
Agricola 490.
L'Aigle 124, 275, 277.
Aitkin 637.
Åker 430, 1007.
Åkermann 1006.
Aktiengesellschaft 986, 987.
Alabama 378, 771, 967.
Alais 332, 523, 526.
Albbruck = Albruck.
Albert, Ober-Bergrat 637.
Albert, Prinzregent v. England 393, 774, 776, 777, 790.
Albruck 426, 568, 726.
Alex 357, 565.
Alexander, Kaiser 191.
Alfhütte 712, 713.
Alfreton-Hochofen 448, 449.
Alger 829, Charles G. 844, Cyrus 764.
Algerofen 829.
Algier 940.
Allarton 590.
Alleghany 967.
Allen 939; —, William D. 906.
Allens, H. 768.
Allevard 169.
Alligatorquetsche 589.
Allison & Komp. 653.
Allotropie 796.
Alpenländer (österr.) 733, 851, 1000, 1001.
Altena 351, 706.
Altenau 87.
Altenauer Hütte 71, 72, 380, 718.
Altenessen 134.
Altenhundem 986.
Althans 231, 238, 479.
Althütten 741, 742, 1002.
Aluminat 801.
Aluminium 45, 222, 280, 401.
Alvenslebenhütte 605, 700, 854.
Amalienhütte 726.
Amand 337.
Amberg 997.
Amerika 549, 641, 660, 850, 877, 881, 895, 924.
Analysen 35, 36, 39, 47, 49, 51, 56, 225, 250, 402, 404, 474.
Analytische Chemie 791, 792.
Anblasen 88.
Ancion & Komp. 688.
Anderson und Cobbin 148.
Andrassy, Graf 745.
Androda 172.
Anhalt 723.
Ankarsrum 418, 429.
Ankarswärd 429, 751.
Ankerkette 371.
Ankerschmiede 194.
Sta. Anna de Bolueta 749.
Anschütz, Georg 197.
Anthonsthal 742.
St. Anthonyhütte = Antonienhütte 185.
Anthracit 55, 230, 655, 656, 749, 757, 760—765, 769; -gas 575; -hochofen 485, 526; -roheisen 760, 966.
Antimon 45.
Antonienhütte 350, 700.
Anwärmen 88, 835.
Anzin 670, 676.
Aosta 575.
Aplerbeck 835, 991.
Appolt 813—815.
Arago 63, 216.
Arbeiterbildungsanstalt (Workmens Institution) 311.
Arbeitsleistung 629, 776.
Arbeitsthür 258.
D'Arcets Metall 110.
Ardennen 668.
Ariège 884.
Arkansas 969.
Armaturenfabrik 177, 178.

Digitized by Google

Armitage u. Lea (Patent) 841.
Armstrong 769.
Arnim, v. 721.
Arnsberg, Reg.-Bzk. 702.
Arsenik 45, 401, 402.
Ars sur Moselle 676.
Artillerie 947.
Asbacher Hütte 184.
Asbeck, Osthaus, Eiken & Komp. 895.
Aschengehalt 56, 226 — 228.
Ashburnam 318.
Ashebran 379.
Aspeitos 172.
Assailly 677.
Atomgewicht 40.
Atomtheorie 40.
Atzl, A. J. 19.
Aubertot 61, 62, 330, 416, 435.
d'Aubuisson 28, 38, 98, 231 — 233, 497.
Audenschmiede 725.
Audincourt 445, 452, 453, 556, 676, 971.
Auersberg, Fürst 739.
Aufbereitung 804, 835, 885; -geben 89, 525; -gichten 835; -schwung 983; -werfhammer 138; -wickler 874; -zug, pneumat. hydraul. 522.
Augustin, A. v. 404.
Ausbalancierung 620; -bringen 54, 60, 80, 81, 91; -fuhr 164, 188—190, 192, 325, 368, 392, 660, 661, 694, 696, 731, 746—752, 958, 960, 982; -prefsmaschine 807, 809, 812; -stellung 337, 392, 674, 675, 776, 830, 898; -stellungsgebäude 776.
Auxiron 144.
Avellano, Rumaldo de 892.
St. Avold 814.

B.

Baader, v. 66, 233, 546, 692, 852.
Baadergebläse 68, 69.
Backkohle 228; -ofen 479, 867 — 869, 962.
Bactmatour 483.
Baden 139, 735.
Badenhausen 719, 720.
Badenhäuser Hammer 364.
Bädeker, Fr. 928.
Bärsum 448, 752.
Bagenay & Komp. 883.
Bagnold 285.
Baildon, W. 181, 572, 856.
Baillet 122.
Bains 167.
Baird, Alex. 99, 160, 421, 422, 653; —, Ch. 191, 192.
Baldwin, M. W. 378, 768, 831.
Baldwin u. Norris 549.
Balg 70; -gebläse 69, 73.
Balling, E. J. N. 388.
Balliot 769.
Baltimore-Eisenb. 549.
Band 637.
Bandagen (= Tyres) 894, 895. — -Walzwerk 268, 630.
Bandeisen 615, 617.
Banks, John 66, 207; —, S. M. 520.
Baracaldo 884, 1010.
Baradelle 247, 331.
Barlow, P. 211, 295.
Barnett, Wil. 459, 528.
Barney, Ariel N. 772.
Barrow 837; — in Furnefs 957.
Bartelmus, Bernh. 741.
Barthel, J. 903.
Barton, D. R. 768.
Batterie, schwimmende 877.
Battin 763.
Baueisen 876.
Bauernofen 753, 1009.
Baugufs 106.
Baumgärtel 490.
Baxter-house 934.
Bayern 37, 546, 567, 689, 692, 728 — 730, 997.
Bayreuth, Fürstentum 187.
Bearbeitung, mechan. 865 — 882.
Bear-Creek-Ofen 377, 763.
Beaumont, Elie de 257.
Becher 80.
Beckenroder Hütte 997.
Bedford, Stephan 279, 645.
Bedlington-Hütte 266, 303.
Beelen, Anthony 198.
Beförderungsmittel (f. Puddelprozefs) 585.
Befreiungskriege 96, 177.
Beizen 127.
Belgien 5, 171, 202, 336 — 344, 391, 425, 483, 520, 522, 523, 533, 546, 580, 581, 586, 616, 624, 625, 627, 635, 636, 670, 679, 688, 690, 691, 694—696, 700, 701, 709, 710, 785, 804, 836, 874, 880, 885, 897, 927, 940, 974—981, 1000.
Bell brothers 957.
Bell, J. Lowthian 820; —, Martin 769; —, Patrick 380; —, William 118, 126, 148, 164, 326.
Belle-fontaine 568; -furnace 370.
Bellford, A. E. L. 879, 887.
Bennet, William 595.
Bennoch, John 118, 164.
Bentall 849.
Berard 485, 805, 807.
Bérardière, La 279, 331.
Berardsche Kohlenwäsche 985.
Bergakademie 391, 791, 993.
Bergamtsdistrikt 914.
Bergen 574, 728, 729.
Berger, Louis 947; — & Komp. 949.
Berggesetz 982, 1003.
Bergmann 30, 36, 37, 39, 43.
Bergschule 206, 371, 391, 689, 790.
Bergue, Ch. de 847.
Berg- u. hüttenmänn. Zeitung 387.
Berg- und Hüttenschule 166.
Bergwerksdistrikt 697.
Berlin 93, 96, 104, 139, 344, 392, 416, 462, 535, 547, 697, 791, 843, 992, 993.
Berliner Eisengiefserei 93, 96, 182.
Berlin-Potsdamer Eisenbahn 547.
Bern 132.
Bernard, J. 846.
Bernouilli, Dan. 146.
Berri, Berry (Methode v.) 251.
Berthier 35, 36, 38, 49, 50, 61, 62, 89, 166, 217, 218, 222, 224, 250, 251, 282, 382, 400—406, 416, 432, 465, 467—469, 472—475, 556, 566, 801.
Berthollet 7, 21, 26—30, 39, 41.
Berzelius 26, 27, 29, 40, 223, 224, 283, 285, 369, 399, 400, 404, 791.
Beschickung 225, 235, 239, 240, 241, 800 — 802.
Beschickungsprobe 51.
Bessemer, Henry 3, 774, 796, 859, 864, 872, 900—943, 949, 1011.
Bessemerapparat 920; -birne 913; -converter 906; -medaille 906; -metall 914, 927.
Bessemern 924, 936, 937.
Bessemerofen 906, 907, 936, 937; -prozefs 3, 901—929, 940—942, 947, 971, 1008, 1011; -stahl 925; -schiene 931.
Bessemer & Komp. 935.
Bessemerverfahren 928, 977.
Betancourt 527.
Beugon 422.
Beuth 205, 698.
Beypur 1011.
Biddle, Nichola 758, 762.

Digitized by Google

Bieber 723.
Biedenkopf 724.
Biegwalzwerk 275.
Bienenkorbofen 724, 806.
Bièvres 436, 527, 668.
Big-Creek 969.
Bilanz 979.
Bilbao 884, 885, 892, 1010.
Bildgufs 103, 104.
Billingsley 118, 152, 164.
Bilston 141.
Biltinger 894.
Binks, Th. 944.
Binneau 527, 559, 565.
Biot 63.
Birch, James 87.
Biringuccio 52, 533.
Birkenfeld 725.
Birkinshaw, John 266, 267, 298, 326, 588, 602.
Birmingham 109, 138, 153, 156, 642, 952.
Birne 942.
Birtlyhütte 424.
Biscaya 172, 748, 749.
Bischof, L. 460—462, 535, 571, 649, 698, 723, 784.
Bisilikat 241, 801.
Björnhütte 123.
Blackband 160, 349, 653, 654, 961.
Blackett 291, 293.
Blackwell, H. 831; —, S. 778, 780.
Blackwells Hochöfen 964.
Blaina 830; -Werke 901.
Le Blanc 682; — u. Walter 590.
Blansko 368, 743, 1003.
Blasen, intermittierendes 837.
Blasende Schraube 233.
Blasewerk 1009.
St. Blasien 726.
Blauofen 52, 701, 716, 729, 997.
Blavier 120.
Bleanavon 156, 317, 424, 925.
Blech 702, 715, 982; russisches 879; verzinktes 781, 782; -biegmaschine 152; -fabrikation 126, 184, 337, 634, 676, 990, 991; -glühen 635; -glühofen 635; -hütte 126; -mantel 826, 828, 961; -nägel 641; -produktion 730; -schere 635; -tafel 635; -walzen 610, 617, 618, 634, 878, — 126, 176, 190, 260—263, 331, 348, 350, 365, 366, 370, 602, 603, 619, 703, 712, 729.
Blei 977.
Blenkinsop 289, 291, 293.
Bleuze, M. 633.
Block (lumb) 270; — (ingot) 920.
Blockwalzwerk 870.
Bloomfield 581.
Blücher 293, 991.
Blum, Js. 335.
Blumenstein 120, 230.
Blumhof, J. G. L. 20, 204.
Blutlaugensalz 944.
Bochum 948.
Bochumer Gufsstahlfabrik 849; — Verein für Bergbau und Gufsstahlfabrikation 948, 988, 989.
Bockenrode 650.
Bodenrennen 555.
Bodenwöhr 565, 567, 574, 729, 730, 997.
Bodmer 631, 874.
Böhmen 366, 367, 429, 503, 740 — 743, 1002.
Böing, Röhr & Komp. 778, 988.
Bogardusmühle 846.
Bohrmaschine 269, 639.
Boigues frères 332.
Bolkow 779.
Bolkow und Vaughan 659, 779, 829, 957.
Bonehill (Bonnhill), Th. 343, 683 — 685, 979.
Bonnard 9, 112, 113, 168.
Borbeck 983, 985.
Bordeaux 940.
Borsig, Aug. 601, 698, 866, 869, 882, 985, 986.
Bosen 725.
Bosnien 1011.
Bostoner Eisenwerk 380.
Botfield, Thom. 438.
Bothoff 369.
Bougeret, Martenot & Komp. 971.
Boulton 161, 177; — u. Watt 147, 159, 164; —, — u. Fothergil 138.
Bourdon 594, 595.
Bourg 812.
Boussingault 221, 222, 282.
Bouvigne 337.
Bowling 780.
Bowlinghütte 965.
Boydell, J. jun. 647.
Brabecker Hütte 364, 717.
Bradbury und Weaver 277.
Bradley 112, 113, 121, 156; -Eisenwerk 303.
Bragey 514.
Braithewaite 304.
Bramah, Jos. 145, 149, 151, 207, 867.
Bramahschlofs 149.
Bramwell 631.
Brand 835, 836.
Brandenburg 985; -Preufsen 358, 359, 697; —, Gbr. 948.
Brandström 553.
Brandywine-Walzwerk 196.
Brasilien 1011.
Brauneisenstein 38.
Braunkohle 473, 566, 567, 732, 736, 997, 1000, 1001.
Braunschweig 362, 716—719.
Braunstein 891; -metall 30, 31.
Bréant 282, 284, 648.
Brechmaschine 780.
Brechungskoëffizient 215, 216.
Brefven 410, 429, 751.
Breiberg 241.
Breitbasische Schiene 622.
Breitenbach, Gerlach 709.
Breitfufsschiene 550.
Breithaupt 152.
Bremme, Gust. 649, 650, 723, 893, 897.
Brendel 105.
Brennmaterial 52—62, 225—231, 526, 803—813, 832; -ersparnis 824.
Brennmaterialienlehre 464—467.
Brennstahl-Cementfabrik 130.
Brennstoff 467, 481 — 487; -wert 230, 804.
Brevillier 277.
Brezowa 856.
Bridgewater, Herzog v. 146; — Giefserei 593; — Kanal 300.
Brigues, M. 425.
Brinkerhoff, John 195.
Britanniagiefserei 842.
British-Association 903, 924, 938.
Brix 394; —, D. G. W. 804.
Broadmeadow 374.
Broling 134, 187—190, 205, 271.
Bromeis 449, 792.
Bronzeform 495.
Brooman, A. R. 897.
Brosley 156.
Brown 255; —, C. 211, 213; —, Gentle 949; —, George 963; —, Henry 647; —, Jeremias 861 — 865; —, Samuel 183, 277.
Brownsville-Stahlwerk 198.
Bruchfestigkeit 215; -probe 629.
Bruck, Freiherr v. 980, 981.
Brücken (eiserne) 139, 140, 207, 307, 310; -bau 767; -schiene 551, 662, 627, 765.
Brüninghausen 345.
Brüssel 533, 689.
Brukssocietät 369.
Brunel, Max Isambert 150, 211, 327, 551, 593, 622; -schiene 622.

Digitized by Google

Brunfaut 482.
Bruniquel 49.
Brunner 792.
Brust, geschlossene 735, 829; —, offene 734.
Buchanan 28.
Buchholz 55.
Buchner, Max 792, 794.
Buchscheiden 558, 737, 855, 856.
Buckley 658.
Budd, James Palmer 422, 528, 656, 662, 830.
Buderus, Gebr. 724.
Bückling, Bergrat 106, 345.
Bünau, H. v. 525.
Buff, H. 433, 434, 438, 497, 500.
Buildwashbrücke 307.
Bull, Marcus 230, 471.
Bunsen, R. 434, 437—439, 441—444, 448—457, 462.
Burbach 993.
Burbacher Hütte 992.
Burden, H. 375, 768.
Burg 990.
Burger Hütte 725.
Burgund 669.
Burscheid 989.
Burstall 304.
Bush, Josuah 134.
Butenieff 468.
Butera-Radali, Fürstin v. 574.
Butterly-Eisenwerk 424.

C.

Cabrol 430, 871.
Cadiat 491, 531, 816.
Cagniard-Latour 233.
Cagniardelle 233, 498.
Calcinieren 50.
Calder 956; — Apparat 411, 415, 418; — Eisenwerk 24, 160, 409, 423, 652, 655, 661; — Winderhitzer 976.
Calebasse 533.
Calvert, Prof. Grace 815, 836, 860.
Cambria-Eisenwerk 907.
Camden-Amboy, E. B. 510, 766.
Campbell, John 771.
Campriano 748.
Carbonifère 528.
Cardiffkanal 112.
Caré, Guillemin 590, 592.
Carmichael, C. 490, 491.
Carnall, R. v. 789, 954, 983.
Carnbroe-Ofen 653.
Carnot 7.
Carolinenhütte 986.
Caron 798, 799.
Carr, Edw. W. 198.
Carron 421.
Carronhütte 409.
Carsdorf 722.
Cartier, d'Yve 684, 685.
Cartwright 143.
Castelnuovo di Grafagnana 748.
Catalanschmiede 1010.
Catawissa-Hochofen 196.
Cavada 172.
Cavé 143, 601, 631, 639, 640.
Cedar Creek 379.
Cedrasso 747.
Cementation 624, 643.
Cementierofen 129, 944.
Cementstahl 43, 130, 200, 278, 352, 766, 767, 988; -fabrikation 129, 191, 366, 644, 674, 677, 943—952, 1001, 1006, 1009.
Centrifugalgufs 109, 848, 933, 951.
Cère 927.
Chagot 675.
Chalencey 35.
Challenton 803.
St. Chamond 675.
Champagne 557, 669, 676.
Champlainsee 194.
Chapel-town 536.
Chapman 290.
Chaptal 7.
Charenton 202, 328, 329.
Charleroi 344, 686, 809—811, 975, 977.
Charleston-Hamburg, E. B. 768.
Charlottenburg 139.
Charlton 901.
Chatelineau 344, 522, 683, 975, 980.
Chatillon 329, 332, 565, 576.
Cheltenham 903—905, 922, 923, 930.
Chemie 5—7, 20—45, 217—224, 399, 400—407, 791—798.
Chenot, A. 543, 647, 838, 883—887, 949; -prozefs 544, 784, 971; -verfahren 850.
Chester 196.
Chevalier 468.
Chèvres 431.
Chibon 633.
Chicago 968, 1009; -Rolling Mill 968.
Chlor 586.
St. Chommond 876.
Christianshütte 72 5.
Christofsthal 187.
Chrom 35, 222, 282.
Chubb, Jer. 278.
Church, J. 807.
Cincinnati 767, 772.
Cinderofen 808.
Clarence 957.
Claridge 808.
Clarissaofen 376.
Clark, Alex. 491.
Clavière 482.
Clay, Wilh. Neale 541—543, 844, 896; — und Benzon 899.
Cleaton-Moor 940.
Clement, Jos. 152, 326.
Clermont 148.
Cleveland 779, 829, 957; — Distrikt 815, 835, 957.
Clewal 443—445.
Clichy 884—886; — la Garonne 971.
Clifford 276.
Clintonofen 967.
Closter 370.
Clouet 21—25, 30, 130, 135, 136, 284, 890.
Clurg, Jos. Mc. 198.
Clyde-Eisenwerk 23, 159, 313, 314, 316, 322, 408, 409, 415, 652, 655.
Coalbridge 654.
Coalbrookdale 141, 156.
Coats-Eisenwerke 935.
Cocker 881; —, S. u. Sohn 788.
Cockerill, John 5, 171, 186, 202, 338—340, 343, 347, 619, 679—682, 975; —, William James 338, 339.
Codnor-Parkhütte 416, 420, 424.
Coingt 831.
Colamineur 870.
Coleman, Hailman & Komp. 768.
Colen 168.
Coles, Kapt. 878.
Collet-Decostil 224.
Collier 129.
Collins, John 198, 380; —, W. W. 896; — & Komp. 970.
Collonowska 513.
Colon 120.
Colt, Samuel 642, 786.
Coltnefs 803, 831; -hütte 653.
Columbia 199; -Akademie 970.
Combes 468, 891.
Common steel 129.
Comtéschmiede 555, 667.
Concordia (Eschweiler) 987.
Condie, John 495, 600; -hammer 601.
Connecticut 195, 375.
Connelsville 192, 764; -koks 967.
Conowingoofen 769.

Digitized by Google

Constancia-y-Labor 749.
Converter (s. Konverter, Birne) 913, 922, 931, 932, 934.
Cook, Benjamin 153, 277.
Cooper, Pet. 758, 767, 768.
Cooper und Hewitt 766.
Coquille 978.
Coquillenguſs = Hartguſs.
Corbin d'Arboissières 528.
Cornwallmaschine 488.
Cort, Henry 602.
Cossack & Kom. 990, 991.
Coste, J., und A. Perdonnet 205, 257, 269, 270, 319, 321, 322, 613.
Couillet 343, 344, 482, 483, 578, 605, 607, 625, 627, 629, 630, 680, 683, 685, 885, 975, 978.
Courandon 62.
Couvin 256, 636, 685.
Cowan, Christ. 198.
Cowper, Ch. (Pat.) 874; —, Ed. Alfr. 817, 818, 820.
Cox 480.
Cramer 183.
Crammond 121.
Crane, George 485, 526, 656, 761, 762.
Crans 565, 568, 574.
Crawford 47.
Crawshay 154, 155, 663.
Crells Annalen 10, 31.
Creusot 5, 35, 90, 166, 234, 327, 329, 335, 476, 477, 481, 519, 523, 594, 625, 670, 674, 676, 970.
Creutzberger Hütte 44, 45, 179, 421, 551.
Le Creuzot = Creusot.
Crivelli 285.
Crouy 473.
Crudgington 587.
Crumbach 1001.
Cugnot 286.
Culman 17.
Cumberland, E. W. 195, 378.
Cumberland 940.
Curtin, Rob. 379.
Cutlery 137.
Cwm-Avon 659, 780.
Cwm-Celyn 830, 991.
Cyan, Cyangas, Cyankalium 402, 449, 509, 529, 798, 944.
Cyclops-Works 778.
Cyfartha 112, 116, 154, 424, 663, 964.
Cylinder-Bohrmaschine 118, 152; -drehbank 639; -gebläse 68, 69, 73, 74, 94, 106, 180—183, 342, 356, 361, 364, 368, 487, 815—817; -ofen 863, 865, 921.

D.

Dachblech 635, 661.
Dacier 711.
Daelen, Rob. 633, 634, 711, 866, 867, 874, 882.
Dänemark 206.
Daguet 276.
Dahlbruch 709.
Dalarne 370, 371.
Dalton, John 40.
Damascenerlauf 642; -stahl 280.
Damascieren 280.
Damaststahl, -zeichen 282, 283, 284.
Damemme 384, 643.
Dammgrube 107.
Dampferzeugung (mit Gichtgas) 519, 577.
Dampfhammer 6, 566, 567, 587, 573—601, 869, 882, 976; -kessel 229, 482; -kesselheizung 270, 520; -maschine 4, 142—144, 154, 344, 345, 638, 716, 996; -presse 868; -puddeln 858; -rösten 501; -schere 631; -schleppschiffahrt 146; -schiff 143—149; -wagen 285—291; -walzwerk 603—605; -zängepresse 589.
Daniell 217, 395.
Dannemora 1007, 1008; -Eisen 644; -hütten 1007.
Danville-Ofen 762.
Danzig 988.
Darby, R. E. 831.
Darmstadt 724.
Darowa 367.
Darren 469.
Darrkammer 102, 536; -ofen 58.
Dartmouth 543.
Dassel 364, 717.
Daubuisson = d'Aubuisson 176.
Dautrebande und Bastin 337.
Davis 808.
Davy, Humphrey 29, 40, 287, 341.
Dawes, S. 144, 402, 527; —, John 449.
Dawsons Eisenwerk = Low-Moor 158, 159.
Debreczeny 493.
Debrye, Bouché et Bouillet 951.
Decazeville 386, 488, 523, 526, 564, 625, 671.
Dechen, von 17, 789.
Deckplatte 624, 630.
Decoster 639.
Deering, R. 199.
Delaware 198, 378, 770.
Delesse 437, 455, 456, 561, 562.
Delloye 337.
Deluc 47.
Delvaux de Fenffe 385, 788.
Delzsch 90.
Denain 670.
Déodor 247, 331.
Derby 842, 931; -shire 659.
Desfosses 449.
Despretz 223, 399, 400, 464, 798.
Destillation 56.
Destillationsofen 901—959, 326, 327, 448.
Detillieux, Charles 983; —, & Comp. 985.
Detmold, C. E. 764; —, J. A. (Pat.) 852.
Detroit 968.
Deupe 362.
Deutsche Frischhütte 111.
Deutscher Zollverein 980—982.
Deutschland 5, 8, 10, 139, 202, 206, 246, 247, 291, 344—366, 392, 417, 426, 429, 435, 459, 566, 581, 586, 622, 631, 632, 642, 647, 689—697, 722, 785, 790, 805, 807, 810, 815, 816, 827—830, 834, 844, 849, 852, 875, 880, 881, 891, 928.
Deutsch-Pontafel 173.
Deutz-Gieſsener Bahn 993.
Devaux, C. P. 430.
Deverell, Will. 164, 591.
Deville 796.
Dichtigkeit 63.
Dick, W. 941.
Dickmann, E. v. 737, 738, 835, 856, 1004.
Dienenthal, Frz. 345, 353.
Dietrich, v. 675, 971; —, & Komp. 437.
Dietrichstein, Fürst 368, 741.
Dillingen 167, 184, 355, 356, 712, 987, 993.
Dimmack, J. 325.
Dinglers polytechn. Journ. 789.
Direkte Eisendarstellung 541.
Direkter Stahlprozeſs 883.
Dirschau 843.
Diskontogesellschaft 991.
Diston, Henry 969.
Ditchham 149.
Dixon, John 152, 164; —, Will. 160, 164, 652, 653, 661.
Dobbs 703.
Dobrio 1002.
Dodds, Th. W. 944.
Dombrowa 1009.
Dombrowka 754.

Digitized by Google

Donaueschingen 726.
Donawitz 854.
Donetz 753.
Donnersmark, Graf 700, siehe Henkel; —, Guido 986; —, Hugo 737.
Doppel-Kopfschiene 550, 622 — 625; -koksofen 809; -ofen 58, 258, 259, 576, 577; -puddelofen 565, 567, 856, 857, 860; -schere 979; -T-Eisen 632, 633, 666.
Dorning, Wilh. 600, 722.
Dortmund 990.
Douglaspumpe 768.
Dowlais 155, 235, 236, 254, 320, 321, 424, 599, 633, 634, 815, 925, 963.
Draht 702, 715, 982; -bedarf 880; -beizen 275; -brücke 380; -fabrikation 124, 273—275, 634, 636, 881; -glühen 881; -glühofen 125; -haspel 881; -hütte 685; -klinke 636, 637; -produktion 780, 880; -rolle 275; -seil 637, 638; -seilbahn 927; -stifte 276; -stiftenfabrik 153, 641; -stiftenmaschine 276, 641; -trommel 274; -walze 326; -walzen 881; -walzwerk 126, 274, 729, 766; -walzwerk, deutsches 882; -werk 706; -ziehen 881; -zug 636.
Drappier 224.
Drehbank, Drehbanksupport 150, 151, 639.
Drehfestigkeit 216; -ofen 923, 865; -puddelofen 865.
Dreiwalzwerk (= Trio) 274, 615, 872.
Dresden 722.
Dreſsler III, 991.
Dreyse, Nik. 642, 643, 947.
Druckfestigkeit 208, 213, 214.
Dubochet 807, 808.
Dubois 107.
Duclos 586.
Dudley 253, 410, 522, 964.
Dücker, Th. v. 350.
Dünneisen 618.
Düren 133, 355, 710.
Dürre, Prof. 983.
Düse 494; -geteilte 825, 826.
Düsenstock 494, 495.
Düsseldorf 948; —-Elberfeld, Eisenbahn 693.
Dufaud 118—120, 123, 331.
Dufour 209, 215.
Dufrénoy 423, 432, 433; — und Elie de Beaumont 205, 253, 257, 259, 269, 319, 321, 362, 364, 365.
Duhamel 528.
Duisburg 983, 985, 987, 992.
Dulait 812; -koksofen 979.
Duleau 207, 209, 210, 212, 213, 215.
Dulong 61, 399, 450, 453, 475, 487.
Dumas 396.
Dundas, Lord 146.
Dundonald 59.
Dundyvan 511, 653, 655, 826, 935, 956.
Dunlop, Colin 313, 314, 652.
Dunn, P. u. J. 767.
Dupont 344, 650, 683, 685; — u. Dreyfuſs 676.
Dupré 809.
Dupuy de Lôme 877, 878.
Durham 959.
Durocher 792.
Dutton 361.
Dyèrre 483.
Dynamometer 295.
Dysen, G. 864.

E.

Eagle-Hochofen 276.
Eastman 947.
Eaton, Dan. 199; —, A. K. 895, 944.
Ebbinghaus & Ko. 649.
Ebbw-Vale 254, 520, 780, 830, 891, 892, 910, 925, 927, 931, 952, 962.
Ebelman 426, 443—445, 447, 452—456, 460—463, 500, 508, 510, 529, 555, 837.
Ebenau 1002.
Ebermeyer, D. 926, 929.
Ebersbacher Hütte 495, 486, 725.
Eck, L. 460, 535, 563, 570, 700, 710.
Eckardt 344.
Eckhard, G. A. 109.
Eckman, G. 553, 844, 855.
Edds 969.
Edington 159.
Edsken 934, 936, 938, 940.
Edwards 143.
Egells, F. A. 278, 817.
Egg, Jos. 278.
Egger, Graf v. 737, 744, 856, 898.
Eggertz 792.
St. Egidi 1002.
Eibenstock 722.
Eibiswalde 898, 943, 1001.
Eifel 183, 355, 710.
Einfuhr 163, 326, 368, 672, 676, 677, 688, 694, 696, 702, 710, 731, 746, 758, 765, 960, 982, 1005; -verbot 171; -zoll 373.
Eingüsse (ingots) 921.
Einlafsplatte 265.
Einschnitt 264.
Einsegnung 187.
Einsiedel, Graf 105, 357.
Eisen 21, 22, 26; -ärz 173; -analysen 402—404.
Eisenbahn 6, 140, 203, 285 — 307, 380, 544 — 551, 622, 656, 657, 660, 679, 680, 684, 690, 692, 696, 708, 711, 757, 765, 981, 1009; -bau 693; -brücke 303; -netz 765; -radreif 874; -radwalze 634; -schienen 266, 267, 295, 588, 621, 623, 703, 704, 757, 765, 875, 876, 892, 931, 966, 993; -wesen 621, 766.
Eisenbearbeitung 138; -bedarf 657, 693; -berg 729; -erz 22, 35, 983; -erze, englische 778; -erzeugnis 703; -erzeugung (s. Produktion) 200, 364, 954, 988; -erzlager 722; -frischen 249—254; -gewinnung 756 f.; -gieſserei 92—110, 161, 241—249, 329, 344, 366, 529—541, 709, 841—849, 969, 992; -haus 540; -hobelbank 151, 152; -hütten 166, 341; -industrie 689, 777, 785, 786; -kunde 10, 18, 46, 47, 776; -laboratorium 792; -oxyd 247; -oxydoxydul 28; -panzerung 878; -preis 325, 983; -presse (hydraul.) = Preſshammer; -produktion 335, 958, 994, 998, 1001, 1002, 1004, 1006, 1008 — 1010; -puddeln 254—259; -schwamm 883, 886—888; -statistik (s. Statistik) 970; -verarbeitung 259 — 270; -verbrauch 139, 673, 696, 955, 981, 1005, 1008; — und Stahlerzeugung 358; -warenfabrikation 276 — 278; — und Zinklegierung 845.
Eisfeld 722.
Elasticität 208, 394.
Elasticitätsgrenze 208, 209; -modul 208, 210.
Elba 747.
Elektricität 944.
Elektro-Magnetismus 216, 885.
Elend 72, 86; -hütte 359.
Eleonorenbütte 742.

Digitized by Google

Elfstrand & Son, Dan. 934, 940.
Elisabethofen 769.
Elliot 677.
Ellis, Thom. (Pat.) 871.
Ellwangen 187.
Emaillieranstalt 771; -werk 360.
Emaillieren 246, 540.
Emma-Hochofen 197.
Emmershäuser Hütte 725.
Engelhard 587.
Engels 495, 705.
England 5, 8, 10, 23, 86, 90, 92, 100, 102, 107, 110, 111, 118, 122, 123, 135, 127—140, 142, 144, 146, 148, 149, 154, 160, 188, 201, 206, 235, 236, 238, 239, 247, 272, 275, 317—327, 344, 355, 368, 369, 392, 420, 424, 482, 490, 511, 520—523, 536, 545, 549, 550, 560, 568, 583, 589, 603, 610, 613, 622, 623, 631, 639, 641, 642, 652, 655—657, 660, 664, 673, 674, 690, 694—696, 701, 758, 774, 775, 783, 795, 820, 830, 832, 844, 849, 852, 858, 867, 877, 879—881, 884, 890, 891, 901, 925, 929, 934, 949, 953, 960, 992.
Enneper Strafse 946.
Entkohlung 921.
Entkohlungsmittel 944; -prozefs 923.
Entschwefelung 815.
Entzündungstemperatur 54.
Epine 73.
Erde 48.
Erdmann und Marchand 789.
Erdzimmerung 369, 370.
Erfindung 901—943.
Ericson, John 303, 304, 840, 877.
Erz 49, 50, 223; -analyse 508, 509; -berg 737.
Erzeugung 194, s. Produktion.
Erzgebirge 721; -gicht 89, 240; -gichtwagen 835; -lager 835; -salz = Erzgicht; -stahl 25; -verfahren 541.
Eschwege, W. v. 172.
Eschweiler 275, 355, 711, 987, 992; -Aue 711, 874, 985, 992; -Pümpchen 711, 992.
Espérance 683, 927, 940, 975—977.
Esse 258, 577.
Essen 184, 186, 253, 254, 279, 351, 352, 706, 777, 985, 988.
Eston-Grube 957.
St. Etienne 206, 329, 330, 331, 670, 970.
Ettler 134.
Eureka 968.
Europa 754—756, 924.
Evain 221.
Evans, Oliver 142, 147, 280, 760, 765; —, Thomas 587; —, Gebläsemaschine 488, 489, 815, 816.
Eversmann, Fr. A. A. 18, 184.
Exhaustor 577.
Exter 809.

F.

Faber du Faur 412, 413, 415—417, 426, 434—437, 455—462, 486, 494, 514, 515, 561, 567—569, 571, 727, 734, 735, 744, 764.
Fabry 810, 811, 830.
Fachschulen 389.
Façoneisen 588, 876 (= Formeisen).
Façonwalze 265.
Fahnenstock, S. 197.
Fairbairn, Will. 394, 395, 539, 632, 640, 641, 938, 939. — und Hetterington (Pat.) 847. — und Hodgkinson 532.
Fairchance-Ofen 763.
Falkenroth & Ko. 895.
Fall-river 766.
Fallwerk 537.
Faltenofen 849.
Faraday 216, 222, 280—284.
Farrandsville 764.
Farrar 950.
Faur, Faber du, s. Faber.
Favre und Silbermann 800.
Fayt 344, 685.
Feauveau-Délians 436.
Fehland, H. 680, 895.
Feilenfabrikation 137, 767; -baumaschine 137, 152; -maschine 639.
Feineisenfeuer 113—117, 251, 253, 560, 920; -strafse 615; -streckwalze 617; -walzwerk 262, 615, 616, 877.
Feinen 117, 560, 909, 911, 915, 928.
Feingufs 106; -korneisen 625, 860; -kornschienen 624; -prozefs 161, 561, 563, 564 = Feinen; -walzwerk 273; -zug 637.
Feistritz 736—738, 784, 851.
Fernen (Thonformen) 943.
Fernie, John 842.
Ferreria y fundacien del Angel 749.
Ferrosilicium 29.
Ferrouilh 848.
Ferryday 157.
Fertigwalzen 615, 619, 880.
Festigkeit 206, 272, 394, 799; -absolute = Zerreifsfestigkeit; -relative = Druckfestigkeit; -respective = Bruchfestigkeit.
Festigkeitsversuche 209, 369, 535.
Feuergase 818, 819; -waffe 642, 707.
Fiants 641.
Fichtelberg 729.
Fickenhütte 709.
Finley 140.
Finnentrop 992.
Finnland 504, 1009.
Finspång 794, 828, 835, 1007.
Firming 971.
Firmstone, Will. 410, 411, 760, 763, 764.
Firth u. Söhne 897.
Fischbach 993.
Fischbauchschiene 141, 266—268, 295, 550, 621, 622.
Fischer, Joh. Conr. 107, 116, 121, 127, 132, 137, 138, 142, 157, 289, 539, 740, 783.
Fitch, J. 146.
Flachat 578, 602, 612, 616; —, Barrault et Petiet 382—385, 523, 605, 617, 787; 788, 876.
Flachschiene 622; -walze 612, 613.
Flamm, Nikol. 629.
Flamme (umgekehrte) 830.
Flammofen 93, 95, 101, 107, 135, 159, 243, 253, 534, 709; -frischen 112, 118, 254, 273, 330, 347, 551, 559, 560; -puddeln 558.
Flasche = Formkasten.
Flintenlauf 642.
Flossenofen, Flofsofen 81, 737.
Flufs 49, 131, 255; -eisen 3, 923; -stahl 108, 923.
Försters Bauzeitung 790.
Fohn, Kapt. 572.
Fokus 450.
Fontaine, Jean J. 857, 899.
Ford, John 152, 164, 275.
Form 84—87, 100, 836, 921; -eisen 268, 588, 631.
Formen 824—826, 943.
Formgebung 587—638;

Digitized by Google

-kasten 107, 538; -lehm 537; -lehmschlagmaschine 105; -maschine 847; -masse 948; -sand 536, 537.
Forrest of Dean 940.
Forster 424; — & Komp. 303.
Forsyth, John 278; —, Thom. 634.
Fort-Edwards-Ofen 829.
Fothergill und Monkhouse 155.
Foulton 193.
Fourchambault 332, 333, 425.
Fourcroy 3, 7.
Four dormant 581, 582.
Fox, James 152, 164, 326; — und Henderson 776.
Foz d'Alge 172, 749.
Fraismaschine 639.
Franche-Comté 556.
François 810, 811; -Koksofen 948, 976.
Franklin, Benj. 146, 969; -furnace 377; -institut 763, 765.
Franklinit 835.
Frankreich 5, 8, 10, 61, 106, 111, 118, 123, 124, 143, 147, 165—167, 202, 230, 247, 256, 275, 327—336, 392, 425, 467, 468, 478, 483, 487, 520, 525, 526, 528, 547, 548, 555, 565, 567, 574, 594, 631—635, 639, 665—679, 691, 785, 805—808, 832, 834, 849, 851, 852, 854, 857, 871, 877, 878, 880, 884, 885, 890—892, 897, 927, 952, 970—974.
Frantschach 564, 575, 737, 738.
Franzensthal 1002.
Fraser 370.
Freiberg 26.
Freihandel 324, 691, 695.
Fremy 798, 799.
French 143.
Frèrejean, B. 107, 120, 234, 336, 574.
Fresenius 791, 792.
Freund & Ko., J. C. 697, 992.
Frey und Lang 836.
Freytag 527.
Friedau, von 406, 572, 734, 803, 898, 950, 1003.
Friedenshütte 96, 724.
Friedland 744.
Friedrich, Herz. v. Württemberg 365.
Friedrichsthal 187, 385, 727, 944.
Friedrich-Wilhelmshütte (bei Mühlheim) 704, 983, 987; (bei Siegburg) 820, 985; (bei Lingen) 133.
Frischen 250, 551—559.
Frischfeuer 110, 166, 428, 429; —, schwäbisches 555; -gase 555, 556; -Überhitze 558.
Frischflammofen 115 = Puddelofen.
Frischherdgewölbe 557.
Frischprozeis 249; -schlacken 122, 561; -verfahren 850, 851; -versuche 112.
Fritz, John 870, 872.
Frohnberg 730.
Frommont 809; Koksofen 978, 985.
Fuchs 105, 404, 793.
Führung 615, 617.
Fürstenberg, Fürst v. 366, 726, 1002.
Füttern 242.
Fullersche Presse 371.
Fulter, Rob. 147.
Furudahl 371.
Fufsplatte 624.

G.

Gadolin 37.
Gärbstahl 736, 898.
Gaffontaine 184, 987, 988, 993.
Gahn 496.
Galicien 749.
Galiläi 215.
Galizien 745.
Gallatin, Alb. 194.
Gallois, G. de 330.
Galloway 939; —, & Komp. 934.
Gallsche Kette 638.
Galvanisiertes Blech 636.
Gardner, Rob. 256.
Gargang 240.
Garney 187, 188.
Garnkirksteine 828.
Garpenberg 929, 933.
Garrard, D. 772; —, Will., und John Hill 767.
Garrignon 331.
Garschaum 97 = Graphit.
Garschlacke 250, 251, 256, 584.
Gartsherrie 160, 421, 683 — 685, 821, 956, 965.
Gasabführung 518, 769, 830; -ableitung 841; -ableitungsrohr 519; -analyse 439, 441, 444, 445, 447—449, 454; -betrieb 561, 567, 571, 574, 832, 833, 856, 857, 1001; -cementation 299; -erzeuger 461; -erzeugungsofen 475, 460, 462, 463; -fabrikation 944; -fang 830; -feuerung 434 — 437, 454 — 457, 735.
Gasflammofen 461, 534, 535, 561, 700, 889, 980, 992; -generator 463, 572, 573, 575, 695; -heizung 556, 854, 855; -Hochofen 833.
Gaskell, Holbrook 593, 594, 601.
Gaskoks 834; -ofen 649; -ofenbetrieb 784; -puddeln 560, 567—569, 571, 572, 675, 732, 733, 735, 753; -puddelofen 456, 572—574, 722, 898, 962; -reduktion 887; -röstofen 503, 504, 802, 803; -rohr 277, 638; -schweifsofen 571, 574, 854, 855; -untersuchung 438; waschkasten 520; -Gattierung 225.
Gaudillot & Ko. 800.
Gay, Stephan 968; — Lussac 27, 40, 55, 62, 226; — & Thenard 466.
Gazeran 30, 128.
Gebläse 66, 85, 231 — 234, 239, 498, 577, 815—821; -hydrostatisches 68; -dampfmaschine 159; -flammofen 534; -luft, erhitzte 310, 312; -maschine 62, 177, 180, 342, 350, 487.
Gefäfsofen 59.
Gehlen, A. F. 10.
Geislautern 166, 167, 183, 347, 355, 356, 742, 987, 993.
Geifsenhainer, Dr. Friedr. W. 196, 760, 761.
Geisweid 709, 896, 899, 988.
Geitebrück 949.
Gellivara 190, 371.
Gemünd 710.
Gendebien-Ofen 978.
Generator 854; -gas 457 — 464, 485 — 487, 569, 703.
Genssane 60.
Geologisches Museum 778.
Georgia 199, 771.
Georg-Marienhütte 650, 997.
Gersdorff, v. 343.
Gerstner, Franz v. 105, 366, 547.
St. Gervais 843.
Gervoy 479.
Geschäftsinstruktion 182; -stockung 992.
Geschirr (email.) 246.
Geschütz 707, 901, 945; -gieiserei 537, 1010; -gufs 96, 159, 179, 1007.

Digitized by Google

Gesellschaft zur Aufmunterung der nationalen Industrie 283.
Gesenkschmieden 598.
Gestehungskosten 336.
Gestell 84, 85, 505—507, 512; —, elliptisches 528, 529; —, fahrbares 370, 372; —, freistehendes 827, 828.
Gewehrfabrik 167, 176, 177, 191, 278, 332, 372, 687; -lauf 642, 947.
Gewerbeausstellung 168, 639; —, Düsseldorfer 948; -freiheit 346, 688; -institut 206, 698; -schule 689; -verein 391, 392.
Gewölbofen 806.
Gibbon, B. 157, 820.
Gibbons, John 512, 662, 824.
Gibson, John 197.
Gicht (d. Hochofens) 61, 88, 822—824; -aufzug 174, 361, 522, 820, 977; -pneumatischer 820; -deckel 518, 519; -durchmesser 512; -flamme 61, 62, 69, 413, 416, 435, 469; -gase 61, 330, 434—437, 441, 442, 451, 455, 457, 485—487, 514, 515, 520, 674; -schwamm 977; -verschluſs 518, 519.
Gienanth, v. 729.
Gieſserei 172, 191, 198, 241, 245, 270, 342, 366, 672, 697, 704; -flammofen 101; -roheisen 535.
Gieſsflasche 539; -halle 521; -lade = Formkasten; -pfanne 536—538, 846; -verfahren 846.
Gilberts Annalen d. Ph. 10.
Gill, Th. 280.
Gillet-Laumont 133.
Gillon, A. 881, 927.
Gimo 190.
Gincla 132.
Ginetz 741.
Gipsmodell 103.
Gittelde 362—364, 717, 719—721.
Gitterbrücke 869, 878; -träger 631.
Givors 519.
Gjers, John 815.
Glabeck 337.
Gladstone 640.
Glamorganshire 156.
Glanzkohle 55.
Glas 21, 22, 131; -email 780.
Glasgow 310, 311, 654, 935, 956.
Glasur 246, 247.
Gleiwitz 59, 60, 92, 94, 98, 176, 179, 180, 246, 419, 477, 485, 513, 535, 695, 699, 700, 836, 845, 986.
Gleiwitzer Hütte 985.
Glengarnock 655.
Globewalzwerk 772.
Glocken 948, 949; -metall 780.
Gloire, La 878.
Glühfrischen 893, 894; -cylinder 125; -ofen 124—126, 273, 275.
Gmünd 737.
Godwin 345, 704.
Göcke 351.
Göranson, G. F. v. 929, 931, 933—936, 938, 1008.
Göring 704.
Göfsering 737.
Göth, G. 388.
Göthakanal 751.
Götz, Graf v. 177.
Goguet 816.
Goldtammer 349.
Gontermann, G. 709.
Gossage, Wilh. 587.
Gottlieb 894.
Govanhütte 661, 965.
Graff, Bennett & Komp. 967.
Grafit 907 = Graphit.
Granalien 920.
Granville 371, 683, 685.
Graphit 24, 25, 42, 218—220, 401; -bildung 240; -gehalt 242; -tiegel 98, 135.
Gray, Thomas 300, 303.
Graz 389.
Great Western Iron Works 769.
Grill, Andreas 554.
Grivegnée 344, 586, 590, 683, 685.
Grobeisenwalzen 613, 616.
Gröditz 106, 416, 419, 427, 722.
Grofsbritannien 161, 318, 320, 659—665, 755, 756, 758, 904, 956—965, 1000.
Grossouvre 330.
Grofsscher Apparat 415.
Grouvelle 578, 579.
Grubb, H. B. 196.
Grubenverkohlung 54.
Gruber 132.
Grund 1003.
Gruner 469, 798, 817, 977.
Gruppen (in Frankreich) 666.
Gruson 849..
Guben 338.
Guenyveau 35, 491, 527, 587.
Guest, Jos. John 587, 599; — & Komp. 663, 664.
Güthling 105.
Guettier, A. 385, 386, 538, 780, 859.
Gueymard, E. 80, 422, 425, 469.
Guillemin und Minary 867.
Guipuzcoa 172.
Guiteau, J. 764.
Guiyesse 877.
Guppy 593.
Gurlt, Dr. A. 788, 794—796, 833, 837, 838, 883, 888, 888.
Gufsblock 921 = Ingot; -eisen 22; -brücke 308; -flammofen 243, 244; -form (Ingotform) 922; -räder 295; -stahl 25, 43, 124, 125, 137, 169, 171, 186, 331, 351, 353, 354, 374, 380, 677, 678, 706, 713, 717, 766, 767, 777, 782, 883, 920, 931, 940, 947—950, 952, 967, 969, 988, 991, 993, 1002, 1004; -bereitung 24; -block 882; -erzeugung 996; -fabrikation 130, 132, 135, 190, 279, 352, 651, 665, 706, 782, 943—952; -fabrik 745, 989; -geschütz 643, 945; -glocke 948; -hütte 772, 948; -lauf 947; -schmelzen 736.
Gufswaren 104, 971, 982; -erzeugung 995, 1007; -produktion 701, 702, 704, 714, 728, 729, 751.
Gutehoffnungshütte 350, 421, 703, 869, 985.
Guyton siehe Morveau.
Gwynne 804.

H.

Hackworth, Th. 304.
Hängebrücke 309.
Hagen 351, 783, 895, 987—989.
Hahn, General v. 946.
Haigerhütte 725.
Halberger Hütte 168, 184.
Haldeman, J. M. 196.
Haldy 810, 811.
Haley 639.
Hall, Jos. 581, 583.
Hallström 47.
Hamilton, Rob. 771.
Hammer 138, 259.
Hammerau 574, 729, 834; -block 634; -eisenbach 726; -hütte 605; -werk 687.
Hampe 469, 564, 735.
Hanbury 156.
Handelskrisis 935; -panik 374,

Digitized by Google

758; -sperre 163; -vertrag 688, 953.
Handfeuerwaffe 947; -nagelschmiede 641; -pfanne 538.
Hanging-Rockbezirk 771.
Haniel, Gerh. Franz 185.
Hannöverscher Harz 359, 361.
Hannover 362, 619, 716—719, 751, 997.
Harancourt 527.
Hardy, James 624, 631, 634.
Harford 255, 256.
Harkort, Friedrich 238, 245, 346—349, 692, 693, 704; —, Gustav 692, 693; —, Joh. Casp. 345; —, Peter & Sohn 783; — & Komp. 345.
Harrach, Graf 744.
Harras 725, 727.
Harrat, C. 875.
Harrisburg 769.
Harrisson, W. 379, 384, 847; — furnace 379.
Hartgufs 248, 344, 539, 849; -räder 248, 969; -walze 249.
Hartley, Jos. 117.
Hartmann, Dr. Karl 20, 382—387, 754, 787—789.
Hartop, John 118, 590.
Hartwalzen 127, 617, 619, 879; -gufs 248, 344, 539, 700, 730, 849.
Hartzerennen 118, 371, 251.
Harz 71, 72, 76, 426, 539, 667, 716, 717; -hütten 701, 721.
Hasenclever, Burlage & Komp. 990.
Haspe 650, 784, 894, 895, 988.
Haspelmoor 804.
Hasse, F. E. 11, 12, 380.
Hassenfratz, J. H. 7, 11, 12, 32, 38, 45—47, 51, 56, 62, 64, 68, 81, 111, 120, 125.
Hafslinghausen 820, 827, 835, 836, 987.
Haswell 866, 867.
Hatchett 55.
Hattingen 985, 987, 989, 991.
Hatton-Eisenbahn 296.
Haubenofen 806, 807.
Haudires 343, 344.
Hauer, v. 820.
Haufen 226, 227, 229; -röstung 802; -verkohlung 57, 227.
Haus (eisernes) 142, 969.
Hausen 426, 726.
Hauser 174, 477.
Hausmann, J. F. L. 20, 28, 70, 189, 362, 393, 799, 802.
Haute-Saône 666, 667.
Hautmont 871, 885, 887, 971.
Hawkins, J. J. 541, 645.
Hayange 328, 332, 506, 526, 567.
Hayden, John 197.
Hayward, Bartlett & Komp. 969.
Hazlehurst, J. 862, 863.
Hearne, E. D. 908, 909.
Heath, Jos. Marshall 25, 542, 543, 645, 646, 783, 930, 1011.
Heaton, James 199.
Hebebrücke 869.
Heberapparat = Hosenröhrenapparat.
Hedemora 892.
Hedley 291.
Heeren, D. 884.
Hegenscheidt 986.
Heimbach, D. 195, 376.
Heine 445.
Heinitz, v. 12, 182.
Heinrichs 857; -hütte 928.
Heifser Wind, s. Winderhitzung.
Heizgas 458, 464, 486; -kasten 562; -pult 851; -rippen 849.
Heizungsversuche 60.
Henderson 539; —, Fox & Komp. 846.
Henkel v. Donnersmark, Graf 181, 699, 1003.
Henrard 462; — & Huart 344.
Henrichshütte 832, 835, 987, 989, 991.
Henry, M. S. 376; —, Sir 283, 284; —, William 764.
Henschel 73, 231, 438, 498, 724; -gebläse 360, 361.
Henvaux, D. 711, 788, 877.
Herd, eiserner 255.
Herder, von 388, 412, 415, 419.
Herdfrischen 110, 551.
Hermann 191, 752.
Hermannshütte 633, 703, 989.
Hermelin 371.
Hermitageofen 198.
Herries 323, 324.
Herstellungskosten 321, 979.
Hessen-Darmstadt, Grofsherzogtum 357, 568, 569, 689, 724.
Hessen, Kurfürstentum 365, 723.
Hewitt 955.
Heyne 280, 455.
Hick und Sohn, B. 867.
Hieflau 734, 837, 1001.
Hiflau = Hieflau.
Hill, L. jun. 882; —, Anthony 122, 123, 253; —, R. A. 663; —, Laur. jun. 591; — & Komp. 155, 156.
Himrod, David 764.
Hingenau, O. v. 789.
Hinterlader 642.
Hinterladungsgeschütz 947.
Hirwain 663.
Hirzenhain 724.
Hobelbank 151, 326; -maschine 326, 639.
Hobrecker, Kasp. Wilh. 350.
Hochdahl 983, 985.
Hochdruckdampfmaschine 287; -maschine 142—144.
Hochofen 52, 64, 75—91, 154, 159, 160, 165, 177, 180, 194, 196, 198, 199, 230, 236, 318—320, 340, 343, 362, 363, 369, 440, 443, 446, 481—487, 498—512, 661, 662, 664, 687, 717, 769, 821—841, 957, 958, 997; — schottischer 828.
Hochofenbau 505, 830; -berechnung 822; -betrieb 75, 235, 502—528, 832; — gemischter 833; -konstruktion = Hochofenbaudimension 822; -form 511, 512; -gase 435—449, 455, 456, 458, 556, 561, 567, 569, 575, 691, 724, 727, 729, 733, 734; -gasanalyse 437—449; -gasfeuerung 458; -giefserei 241, 709; -gufs 96, 97, 100, 107; -höhe 81, 82, 86, 507; -industrie 710; -inhalt 824; -mantel (eiserner) 349; -mafse 79, 81, 82, 85, 91; -produktion 708, 712—715, 717, 726, 730, 746, 755, 994, 998, 1000, 1003—1005; -profil 826, 1006; -prozefs 427, 443, 450—455; -querschnitt 829; -rast 83; -schacht 82, 83, 507; -theorie 837; -verankerung 827; -vergröfserung 77; -werk 722.
Hochstein 729.
Hodgkinson 394, 799, 845.
Höhn 832.
Hoerde 350, 351, 633, 703, 820, 835, 867, 874, 895, 983, 986, 987, 989, 990.
Hösch 633; —, Eberhard und Sohn 992; —, Eberhard u. Wilhelm 347, 355, 710, 711.
Hof 419, 739.
Hoff, v. 816.

Digitized by Google

Hoffmann, C. A. S. 10.
Hofolpe 992.
Hohenlohe, Fürst 699.
Hohenlohehütte 181, 356.
Hohenrhein 725.
Holl 637.
Holland 368.
Hollenstein 1001.
Hollingrake, J. 249.
Hollow-fire 963.
Hollubkan 1002.
Holtzer, J. 897, 971.
Holz 53; —, gedarrtes 526, 527; —, lufttrockenes 467, 719; -art 52, 54; -cylindergebläse 967; -faser 226, 466; -feuerung 564; -gasbetrieb 856, 1002.
Holzkohle 100, 226, 239, 470.
Holzkohlenbetrieb 3, 336, 701, 729; -Eisenindustrie 832; -hochofen 76, 78, 318, 525, 686, 687, 699—701, 822, 823, 968; -hütte 355; -industrie 750, 757; -kupolofen 98, 99; -roheisen 760, 973, 995.
Holzmindener Hütte 364.
Holzpuddeln 271, 564, 565.
Holzpuddelofen 567.
Holzschrauben 276; -maschine 641.
Holztrockenofen 469.
Holzverbrauch 335; -verkohlungsofen 471.
Homberg 723.
Homphray 112, 154.
Honzeau und Faveau 469.
Hopewellofen 197, 199.
Horizontalmaschine 144, 629.
Hornblower 143.
Horseley-Gesellschaft 142.
Horsowitz 96, 104, 366, 741.
Horton, D. und Georg 580.
Hosenröhrenapparat 910.
Houlder 553.
Houldswald und Hunter 803.
Houldworth 653.
Hourpe 975, 979.
Hourpes 343, 683.
Houry 111.
Houten, van 277.
Houzeau-Moiron 436.
Howard, O. 849.
Howe, Elias, jun. 768.
H-profil 765.
Hradeck 744.
Huart 683.
Huene, v. 497.
Hüttenanalyse 523; -chemiker 349, 792; -gesellschaft 187; -reise 699, 827; — und Hammerordnung 707; — und Hammertage 708; -werke 320.
Hufeisenfabrik 768; -walze 768.
Huguenin 646.
Huin und Cortassen 892.
Hull, Jonathan 144.
Humboldt 62.
Humphries, Fr. 592, 593.
Hunt 959.
Hunter, Seth 277.
Huskisson 316, 323, 324.
Hussey und Wills 967.
Huth, Friedr. 649, 651, 949, 988.
Huth & Komp. 783.
Huy 337.
Huyssen, Heinr. 185.
Hyde Park 776.
Hydraulischer Hammer 867.

I., J.

Jackson 848; —, Jos. 375; —, S. 706; —, Will. 375, 971; — et fils 940, 951; — frères 677; — Mining Company 772; —, Petin, Gaudet & Komp. 874, 875, 952, 970.
Jacob 878, 951.
Jacobi, Gottlob 185, 350; —, Haniel u. Huyssen 185, 591, 703, 874, 987.
Jahresproduktion 658, 956.
Jakobswalde 699.
James, John 830; —, William 300, 301; — und Jones 277, 278.
Janon 228, 332, 476.
Jannoyer 796, 797, 844.
Janowitz 744.
Japan 909.
Jarlot 868.
Iberg 363, 720.
Ichoux 565.
Jedlitze 61, 122, 176.
Jenbach 429, 739.
Jern-Kontorets Annaler 190, 789.
Jessop, Sydney 624, 658.
Illinois 772, 968; — furnace 772.
Ilsemann 360.
Ilsenburg 701.
Imphy 329, 331, 669.
Indiana 772, 968.
Indian Steel & Iron Comp. 1011.
Indre 667.
Industrieaustellung 392, 774, 777, 784.
St. Ingbert 712, 729, 997.
Ingots 921.
Innerberger Gesellschaft 734.
Institution of Civil Engineers 934.
Joachimsthal 741.
Jobson, John 847.
Johann, Erzherzog 389, 390, 733.
Johanneum 389, 390.
Johann-Georgenstadt 721, 722.
Johannishütte 949, 992.
Johnson 804; —, Dr. Rich. 860; —, William 875; —, Cammel & Komp. 778.
Johnstown 907.
Joinville 487.
Jones 809; —, Dr. 771; —, Will. 255.
Jongh, Moritz de 229, 482.
Jordan 973.
Josefshütte 742.
Jouffroy, Claude 145.
Ipanema 1011.
Ipsertiegel 98 = Graphittiegel.
Ireland, Jonathan, 843; —, William 842.
Irle, Herm. 708.
Iron and Steel Association 791.
Iron-Mountain 772.
Ironside furnace 969.
Isère, Dep. d' 169, 170.
Iserlohn 707.
Isomorphismus 41.
Italien 747, 748, 953.
Itzelberg 365.
Jullien, C. E. 708, 837, 838, 860, 894.
Juniata-Eisenbahn 378; -hammer, -ofen 196, 197; -thal 376, 769.
Ivorina (Ungarn) 558.

K.

Kärnten 79, 81, 167, 173, 564, 732, 736, 737, 832, 851, 854—856, 898, 1001, 1002, 1004.
Kainsdorf 721.
Kaiser Ferdinand-Nordbahn 547.
Kaliber 610—614, 617, 625—627, 631, 636; -reihe 636; -walze 356.
Kalibrierung 610, 614, 625, 626, 630.
Kalk 48, 49; — gebrannter 836.
Kalorische Maschine 327, 640.
Kalstenius 496.
Kaltbruch 122, 123.
Kamp, H. 345, 990.
Kampagne 964.
Kampmann 537.
Kandern 726.
Kanone 370, 946.

Digitized by Google

Kanonenbohrmaschine 640; -gieſserei 172, 199, 337, 338, 679; -guſs 107, 179, 191.
Kapfenberg 1001.
Karburet 795.
Karlshütte 734.
Karmarsch 394, 846.
Karolinenhütte (Achthal) 834.
Karpathenländer 733, 744.
Karsten, Joh. Bernh. 13; —, Dr. C. J. B. 6, 12, 13, 16—18, 32, 33, 35, 41—56, 60, 67, 82—92, 97, 99, 101, 103, 104, 111—113, 115, 122, 123, 129, 130, 177—179, 204, 211, 216—222, 224—227, 236—238, 241, 242, 247, 249—251, 258, 385, 386, 388, 393, 396—399, 400—402, 405, 457, 458, 462, 467, 475, 476, 487, 490, 491, 494—496, 498, 499, 500, 504, 505, 507, 512, 524, 530—534, 551, 561, 563, 602, 605, 611—614, 620, 648, 651, 698, 701, 725, 727, 728, 743—745, 749, 754, 789, 792, 793, 796, 797.
Karthaus, Pet. 196.
Karthaushütte 764.
Kasten = Formkasten.
Kastenapparat 415; -gebläse 70, 71, 181, 487.
Kastner 109, 247, 248.
Katalanschmiede 883.
Katalonien 748, 749.
Katharinenburg 191; -ofen 376.
Kattowitz 700.
Katzenellenbogen 725.
Kegel 882; -walzwerk 881, 882.
Keilstellung (s. Walzen) 619—621.
Kelly 910.
Mc. Kelvy und Blair 969.
Kentucky 199, 378, 771, 910.
Kerl, Bruno 787, 790.
Kern 102, 103; -büchse 246, 538; -kasten 103; -spindel 246, 538; -stück 104.
Kesselblech 877; -blechwalzwerk 735; -explosion 768; -flicker 909; -heizung 483; -ofen 578; -schmiede 348.
Kessen 1002.
Kettenbrücke 140, 309; -gebläse 231, 360, 498; -gichtaufzug 820; -walze 634.
Kiefer 739.
Kieselerde 48; -metall 45 = Silicium; -säure 29, 45.
Kilianshütte 724.
Killingworth 292, 293, 295, 296; -bahn 268.
Kilner 639.
Kinburn 878.
King, Georg S. 967.
Kippgefäſs 942.
Kirchenstaat 748.
Kirschweger 835.
Kirwan 37, 56.
Kissing und Schmöle 991.
Kladno 367, 892, 1000, 1003.
Klaproth 28, 34, 36—38.
Klausthal 206, 790.
Klein 709; —, Albert 1013; —, Gebrüder 743, 744; -kohlen 228; -Zell 740.
Kleist, v. 782.
Klingenschmiede 706; -thal 167.
Klinke 636, 637.
Klösterle 138.
Knab 808.
Knapp 473.
Kneisel 483.
Knetmaschine 537.
Knowles, Sir Fr. Ch. 647.
Kobalt 45.
Kobell, v. 793.
Koch 497; -frischen 583, 585; -ofen 550.
Köchlin 233.
Köhler, A. W. 10.
Köller, Andr., & Komp. 134.; —, Dr. 951.
Köln-Mindener Eisenbahn 704.
Königin Marienhütte 721, 722.
Königsbronn 187, 344, 365, 426, 534, 551, 561, 566, 727, 849; -hütte i. Harz 96, 128, 359—364; — in Schlesien 76, 100, 182, 357, 421, 460, 525, 560, 563, 565, 570, 617, 699, 700, 717, 824, 910, 983, 992, 997.
Köppen, A. 754.
Kohl, J. E. 111.
Kohlenbergwerk 341; -bringer 528; -eisen 220, 400, 401; -eisenstein (black band) 322, 786, 802, 827, 835, 983; -gicht 89, 524; -oxyd 561, 571; -pulvereinblasen 239; -sack 507, 509, 822—824; -sackdurchmesser 512; -säure 944; -satz 240; -setzsieb 805; -stoff 22, 24, 33, 41, 43, 44, 218, 220, 221, 796, 906, 907, 915; -stoffbestimmung 403, 793; -stoffgehalt 42, 43; -stoffverbindung 283, 793; -transport 322; -verbrauch 78—82, 85, 322, 736, 834, 835; -wäsche 805, 977; -walzen 239; -wasserstoffgas 239.
Kohlung 135, 136, 451, 841.
Kohlungszone 509.
Koks 35, 59, 60, 100, 131, 168, 177, 239, 249, 475, 741, 742, 753, 764, 804, 979; —, präparierter 81; -asche 235, 236; -ausbringen 227; -backofen 479, 480; -bereitung 227, 228, 741; -betrieb 356, 704, 705, 708; -fabrikation 704, 804—815; -hochofen 6, 9, 76, 87, 89, 90, 91, 235, 327, 340—344, 349, 367, 447, 525, 674, 683, 686, 687, 691, 699, 700, 701, 705, 706, 743, 763, 764, 769, 822, 823, 983, 1010; -kupolofen 98; -ofen 56, 58, 229, 478—484, 705, 806—815, 961, 973, 978, 985, 995; -verbrauch 90, 91.
Kolbe 649.
Kolbengebläse 533.
Kollergang 537.
Komet 148.
Kommerau 1003.
Kommunikationsmittel 954.
Kommunion-Eisenhütte 362, 363; -hütte 717; -Unterharz 720.
Komorau 366, 741, 1003.
Kongreſsringe 138.
Konieczpol 754.
Konstitution 24, 41, 218, 241, 793.
Kontinentalsperre 164.
Kontschosersk 752.
Konverter = Converter.
Kopfwalzwerk 875.
Koruszek 986.
Kostenanschlag 322.
Krämer, Gebr. 712.
Krafft 820.
Krahn 536.
Krain 366, 738.
Kran 103, 108, 536.
Krascheow 176.
Kreissäge 628; -schere 152.
Kreuzeisen 633.
Krieglach 736.
Krisis 694, 695.
Kronstadt 191, 752.
Kronwerke 754, 1008.
Krüger 344, 843.
Krupp 985, 988, 991, 992; —, Alfred 353—355, 706, 707, 777, 778, 878, 945—948, 952; —, Friedrich 134, 184—186, 251—254, 279, 642, 643, 777, 778, 875,

Digitized by Google

882, 892, 893, 896; — u. Schöller 706; —, Witwe Therese 184, 185, 354.
Krystallpalast 776.
Kudernatsch 875.
Kühlapparat 886; -brücke 832.
Kühlung 580.
Kugelmühle 537; -ofen 917.
Kunstgufs 96, 103, 104, 246.
Kupfer 33.
Kupferdreh 989.
Kupolofen 93, 94, 98, 100, 161, 180, 191, 192, 243, 349, 416, 428, 429, 529, 531, 532, 842—844, 907, 915, 916, 920, 931; -gase 529; -giefserei 182.
Kupplung 262, 606, 609, 619; -getriebe 609, 619; -muffe 606, 608; -ständer 609; -walze 620; -welle 606, 608, 620.
Kurbrief 707.

L.

Laar-Ruhrort 987.
Laboratorium 791, 792.
Laborde 172.
Lachmann, J. 879.
Lackawanna-Eisengesellschaft 769.
Laclede-Walzwerk 772.
Lagerhjelm 207, 210, 272, 369.
Lagouette de la Croix 470.
Laird & Comp. 952.
Lake Superior 968.
Lamande 139.
Lamarche 683.
Lambert, Jos. 586.
Lamettrie 10.
Laminge, R. 818.
Lampadius, W. A. 25, 28, 33, 37, 39, 46, 47, 66, 80, 131, 158, 388.
Lan 852, 862.
Lanaconingofen 764, 770.
Lancashireschmiede 163, 552, 851; -procefs 552, 553.
Lancaster 769.
Landes 940.
Lane, William 197.
Langberg 446.
Langeheck 726.
Langen, Eugen 705, 720; —, P. J. 985.
Langshyttan 835.
La Place 7, 62, 67, 168, 221.
Lardner 787.
Larisch, v. 743.
Lattermann 426.
Laubach 724.
Lauchhammer 96, 105, 106, 246, 418, 427, 461, 565, 572.
Lauffen 555—557.
Lauffener Eisenwerk 468.
Laufkrahn 846.
Launay d'Avanches 205.
Laurahütte 488, 699.
Laurwig 752.
Lauth, Bernh. (Pat.) 872.
Lavallois 891.
Lavigne 809.
Lavoisier 20, 39, 53, 62, 67, 230, 231.
La Voulte 425, 518, 519, 674.
Le Blanc 382, 523; — und Walter de St. Ange 537, 626.
Lebrun 526.
Lechatelier 483.
Leclerc 559.
Le Creuzot = Creusot.
Leffler 933.
Legierung 281, 282.
Lehigh county 195; — Crane-Eisengesellschaft 761, 762; -ofen 396; -thal 761, 768, 769.
Lehmformerei 102 — 104; -kern 102, 103.
Lehranstalt 790, 970.
Lehrkind, Gust. 650; —, Falkenrod & Komp. 650, 778, 988.
Lehrwerkstätte 689.
Leibnitz 215.
Leipzig-Dresdener Bahn 74, 622, 623, 693.
Lemasure, Le Petit 232.
Lemire 246, 331.
Lendersdorf 355, 418, 633, 634, 992; -erhütte 710, 711.
Lennartfors 891, 892.
Leoben 389, 391, 736, 950, 1004.
Leobersdorf 706.
Leonhard, Sam. 377.
Leopold, König v. Belgien 391, 679.
Le Play 400, 445, 643, 644, 657, 677, 748, 788, 793, 832, 833.
Lerbach 72, 87, 844.
Lesjöfors 553, 854, 855.
Lesley, J. P. 789, 967, 968.
Létoret 491.
Leuchs, J. C. 279, 310.
Leuchtgas 643.
Levasseur 122.
Level-Eisenwerk 74, 157.
Leven-Eisenwerk 87.
Levi, Montefiore 518, 836.
Lewis, Th. C. und Georg 348, 376.
Lewis und Tate 155.
Lichfield 195.
Lidbeck 187, 188, 190.
Liebig, Justus 403, 791.
Lierganz 172.
Lietzen 734.
Lilgendahl 553.
Lilienfeld 740.
Lindauer, G. 800, 802.
Linz-Budweis-Bahn 547.
Lippitzbach 572, 717, 718, 784, 856.
List, Friedr. 689, 692, 693.
Liswenskoi-Sawod 753.
Litauen 864.
Litteratur 9—20, 204, 205, 381—389, 643, 787—790.
Little, Dr. 130.
Liverpool 300, 302, 896; -Manchester Eisenbahn 302, 306, 545.
Livingstone, Rob. 147, 148.
Liwenskoi-Sawod 574.
Lloyd 842, 844, 845.
Lobenstein 928.
Lobkowitz, Fürst 437, 564, 735.
Lochmaschine 269, 326, 640.
Locomotive = Lokomotive.
Löffelwalze 706.
Löfsta 1007.
Löhnberger Hütte 418, 725.
Lölling 736, 737, 835.
Lohage, Ant. 649, 650, 795, 796, 895; —, Bremme & Komp. 644, 895.
Lohe 643, 651, 708, 896, 947, 949.
Lohmann, Fr. 783, 894, 908, 949; — und Brand 348.
Loiredepartement 670, 671; -werke 678.
Lokomotion 298.
Lokomotivbahn 203, 693; -bau 549.
Lokomotive 291, 293, 294, 296—298, 303, 304, 660, 686, 740, 747, 748, 765, 767, 768.
London 121, 140, 161, 393, 774—778, 780, 784, 939, 949, 953.
Londoner Ausstellung 519, 785.
London-Birmingham Eisenbahn 545, 550.
Longsdon, R. 903, 939.
Lorcet 559.
Lorette 678, 951.
Losh, W. 295; —, Wilson u. Bell 965.
Lossen 509, 513.
Lothringen 972, 993.
Lottner 993.
St. Louis 969; -hütte 834.

Digitized by Google

Louvrié, de 848.
Low, Charles 587.
Lowell 772.
Low-Moor 158, 522, 780, 781, 895, 964, 965.
Loyd 493.
Lubock, Jos. 586.
Lucas, Samuel 108, 890; —, Thomas 108.
Luckens, Dr. Ch. 377; -rolling mill 377.
Ludwig XVIII. 19.
Ludwigshütte 568, 569, 724; -thal 727.
Lueg, W. 421, 704.
Lüttich 132, 183, 337, 338, 344, 391, 537, 580, 682, 685—688, 940, 974, 975.
Luftofen 580.
Lugansk 753.
Luise, Königin 96.
Luppenfeuer 753, 850, 967, 969; -flachwalzwerk 612; -mühle 590, 591, 768, 865; -quetsche 118, 590, 865; -schmiede 769, 771 = Rennfeuer; -stäbe 610 = Rohstäbe; -strafse 605; -walzen, walzwerk 603, 610, 612.
Luxemburg 686, 732.
Lyman, William 758, 761, 762.
Lyon 107.

M.

Macadam, Dr. St. 935.
Macintosh, Charles 279, 313, 314, 408, 643, 798.
Mackenzie, G. 47.
Mac Mullen 348.
Madrid 391.
Mägdesprung 96, 446, 449, 460—462, 535, 571, 649, 723.
Mähmaschine 380.
Mähren 368, 543, 743, 744, 898, 1000, 1002.
Maffei 729.
Mahoning-furnace 772.
Maillard 843.
Maine 768.
Mainz 392; -er Dom 632.
Maison-Desroches 541.
Malaga 749.
Malapane 14, 175—179, 180, 420, 427, 559, 551.
Malbergen 997.
Malliot 276.
Manada-Ofen 769.
Manby 143; —, Wilson & Ko. 202, 328, 329, 675.
Manchester 300, 302.
Mandelholzhütte 110, 359.
Mangan 30, 33, 35, 128, 930, 932; -carburet 645, — 646, 932.
Mannesmann, Reinh. 989.
Mannheimer Hochofen 761.
Manometer 66.
Mantel (eiserner) 238.
Mantelgeschütz 946.
Maramec-Ofen 379.
Marchand 644, 797.
Marcher, F. A. von 19, 55, 68, 79, 80—82, 84, 85, 122, 173, 174.
Marchienne au Pont 578, 683, 685, 975—979.
Marchin 827, 828.
Maresch 558, 743.
Margesson 927.
Marguerite 404, 405.
Mariaofen 377.
Mariazell 558, 567, 734, 735, 802, 829, 1001.
Marienhütte, Königin 600.
Mariotte 215; —, Athanon 899.
Markana 983, 987.
Marken 371.
Marmont, M. 167.
Marquette 968.
Marquise 814.
Marshall 135.
Marsilly, de 804, 805.
Marthahütte 980.
Martien, Jos. Gilb. 831, 908, 909, 925, 926, 928, 930.
Martin, J. et fils 491, 531.
Mary-Ann-furnace 376, 379, 763.
Maryland 378, 764, 770.
Maschinen 380; -arbeit 629; -bau 106, 142, 687; -fabrik 6, 164, 297, 338, 341, 342, 345, 346, 353, 697, 898, 717, 724, 728, 729; -fabrikation 938 — 943, 706; -guſs 107; -haus 521; -nägel 276; -schere 640.
Masino 747.
Massachusetts 766.
Masse 103, 105, 537, 718; -formerei 105; -gestell 1006; -schachtfutter 514; -zustellung 828.
Massenbetrieb 6; -stahl 883; 895; -stahlbereitung 900.
Masseveau 527.
Mathieu 132.
Matrize 614.
Mattey und Richard 520.
Maubeuge 971.
Mauch-Creek 701.
Maudslay, Henry 143, 149 —51, 326, 346, 532, 593, 640; —, Jos. 864.
Maurice 807, 895, 897.
Mautern 572, 573, 898, 950.
Maximilianshütte 567, 997.
Maxsaynerhütte 725.
May, Charles (Pat.) 871.
Mayr, Franz von 736, 854, 950, 1001, 1004.
Mayrhofer, von 792, 795, 796, 800, 801, 822, 834.
Mayville 968.
Mazéage = Hartzerennen.
Meason, Isack 374, 376.
Mecheln-Brüsseler Eisenbahn 546.
Meckenheim 518, 520, 544.
Meggen 958.
Meiler, Meilerverkohlung 54 — 57, 226, 227, 470.
Meiningen 722.
Melville-Ofen 722.
Menaibrücke 309, 395.
Meppen 992.
Merbach, F. Th. 388.
Merrick, S. M. 599.
Mersey Stahlwerke 896.
Merthep, Tydril 112, 154, 155, 317, 424, 663.
Messerschmiedewaren 137, 678; -walze 118;
Messing 401.
Metallbearbeitung 149.
Metallurgie 779, 790.
Meteoreisen 33, 281; -stahl 285, 342, 783.
Metternich, von 741.
Meyer 722; —, Jacob 849, 949; — Jul. 650; —, M. 205; — & Kühne 948, 988.
Meynier 805.
Michaud 808.
Michelbacher Hütte 509, 513, 551, 725.
Michelstädter Eisenwerk 724.
Michelis und Bourdoux 711.
Michiels 985.
Michigan 772, 968.
Middleburg 379.
Middlesborough 299, 689, 779, 835, 937.
Middletown 769.
Mieres 1010.
Mietis, v. 395.
Miller, Patrick 145, 146; —, Wilh. A. 376, 402.
Milleret 279, 331.
Millsborough 378.
Milwaukee 772.
Minervawerk 991.
Minette 972, 992, 993.
Mining Journal 926.
Mischler 756, 786, 789.
Missouri 379, 772, 802, 869; — Iron Comp. 772.
Mitscherlich 41, 218, 241, 250.

Digitized by Google

Mittelwalze 616.
Moabit 698, 869, 985.
Modell 103, 105, 110; -ausheben 847; -gewicht 846; -platte 539; -tischler 95.
Modena 748.
Moll, von 10.
Mollard 152.
Moller 632.
Monceau sur Sambre 603, 625, 627, 685, 975, 977.
Mone 768.
Monge 7, 21, 41.
Monkland 655, 956; —, E. W. 419, 423, 956.
Monmouthshire 156—157.
Mons 689.
Mont-Alto H-Ofen 196.
Montanärar 1000, 1003; -lehranstalt 391.
Montanlehranstalt 391.
Montataire 894.
Montblainville 558.
Montgolfier und Benrard 876.
Montgommery und John Struthers 199.
Montigny s. Sambre 605, 685, 975, 978.
Montour-Walzwerk 766.
Moravitza 504.
Morel, Petin et Gaudet 649, 897.
Morewood und Rogers 782.
Morgenröthe 426, 721.
Morral, Abel 952.
Morveau, Guytonde 7, 37, 45, 54, 212.
Mos 752.
Mosander 218.
Moseldepartement 668; -gebiet 187.
Moskau 373.
Motala-Eisenwerke 370, 784, 854, 1006.
Mouchal 124—126.
Moulage 980.
Moulin-Neuf 166.
Mount Savage Comp. 770; — Walzwerk 765.
Moyan, Thomas 275.
Moyeuvre 166, 332.
Mühlheim a. d. Ruhr 704, 987.
Mühlhofen a. Rh. 990.
Müller, Anton 852; —, D. B. 198; —, E. L. 768.
Müllers Heizpult 851 — 853, 856.
München 729, 898.
Müsen 949.
Mulden 471.
Munitionsguſs 175—177, 179, 184, 191, 246.
Munscheid 487.
Murau 736.
Murdock, Wilh. 143, 287.
Murray 143, 152, 164, 289, 336.
Mushet, Dav. 10, 23 — 25, 43, 52, 55, 90, 115, 117, 130, 135, 136, 160, 222, 255, 382, 422, 586, 646, 653, 659, 890; —, Robert 900, 930, 931, 951, 952.
Musschenbrock 210.
Muthuon 120.
Myslowitz 700.

N.

Nachrodt 348, 351, 581, 704.
Nadelfabrikation 355, 642.
Nadrag 856.
Näher 468.
Nähmaschine 768.
Nähnadelfabrikation 277.
Nagel, geschnittener 276; -fabrikation 195, 196, 198, 375, 383, 640, 707, 766; -fabrik 687; -maschine 182, 380, 641; -schneidemaschine 641; -walze 118; -walzwerk 276, 326, 641.
Nailly 477.
Namur 336, 334, 685, 686.
Nant-y-Glo 963.
Napier, David 148; —, James 6.
Napoleon I. 5, 7, 19, 163, 291, 338; — III. 785, 877, 901, 970.
Nash, John 140.
Nasmyth, James 151, 538, 501—599, 600, 601, 639, 640, 844, 857—859, 871, 910, 911; —, Alex 592; -hammer 596.
Nassau 704, 725.
Navarra 748, 749.
Navier 213.
Naylor 867; —, Vickers & Ko. 778, 896.
Neapel 748.
Nebenius 729.
Needham, F. H. W. 279, 280, 325.
Neilson, James B. C. 310 —316, 325, 408—10, 416, 418, 421, 424, 425, 430, 652, 655, 760; — und Wilson 653.
Neiſse 176.
Neuberg 173, 469, 543, 564, 567, 576, 738, 735, 867, 869, 875, 898, 1001.
Neubruck 740.
Neudeck 503, 741, 782.
Neue Hütte 364.
Neuhaus 722, 723.
Neuhütte 558, 719, 720, 856.
Neuhütten 741, 743, 1002.
Neuilly 677.
Neu Joachimsthal 514, 515, 581, 562.
Neunkirchen 355, 356, 712, 713, 880, 993; -er Hütte 987.
Neu-Öge 350, 351, 703.
Neuschild 820.
Neu-Strehlitz 986.
Neustadt-Eberswalde 462, 698, 988.
Neuwied 347.
Newark 850.
Newcastle 298, 665, 965; — Hampshire 195; — Jersey 195, 375, 763, 767, 768, 908, — Mains 488.
Newton 847; —, A. F. (Pat.) 865; —, A. V. 864, 879; —, W. E. 864, 872.
New-York 194, 195, 200, 375, 763, 766, 768.
Neyraud, Thiollière, Verdié 678.
Nicholson, E. Ch. 797.
Nickel 281.
Nicolai 134, 186.
Niederbronn 671.
Niedergang 993.
Niederösterreich 739.
Niederrhein 710; -ische Hütte 783, 787.
Niedersachsen-Thüringen 358, 359.
Niederscheldener Hütte 725; -Schlesien 698; -ungarn 1002; -wölz 555.
Nieffka 754.
Niesterthaler Hütten 725.
Nietenmaschine 640, 641; -presse 641.
Nievern 725.
Nièvre 171, 669.
Nischnei-Nowgorod 1009.
Nixon 141.
Nolt, Dr. Eliph. 969.
Norbeck, Fessier de 215.
Norberg 188.
Nordamerika 193—200, 548, 549, 835, 944, 953, 965, —970, s. Vereinigte Staaten.
Nordbahn (engl.) 925.
Nord-Carolina 199, 771, 967.
Nordenskjöld 504.
Nordostgruppe (Frankreich) 668.
Nordwall 69, 139.
Nordwales 318.
Normalgewinde 151; -hochofen 512, 824.
Norwegen 446, 752.
Nordwestgruppe 667.

Digitized by Google

Nottebohm 986.
Novarra 172.
Novelty 305.
Novotny, Wenzel 367, 1003.
Nürnberg 729; -Fürther Bahn 546, 711.
Nutzeffekt 492.

O.

Oakes, Will. 831; -hütte 447.
Obere See 772, 968.
Obergestell 231, 242, 507, 822, 823; -hausen 581, 591, 703, 874, 985; -hochofenmeister 369.
Oberndorf 365; -kirchen 478.
Ober-Österreich 739; -Schlesien 5, 51, 175, 180, 181, 426, 487, 551, 552, 605, 697—699, 700, 810, 815, 853, 854, 986, 988, 992.
Obersteiner, Aloys 367, 648.
Obervillach 1002; -walze 262, 609, 612—614, 618—621; -weiler 726; -wind 567, 575.
Obrey 396.
Obuchow 893.
Oechelhäuser, Wilh. 726, 786, 789, 954.
Oechsle 399.
Öregrundeisen 369.
Oerstedt 216.
Österreich-Ungarn 173—175, 248, 276, 277, 366—368, 392, 428, 547, 567, 570, 732—747, 815, 829, 852—856, 892, 897, 929, 980, 981, 1000—1005.
Östlund 862, 863.
Ofengufs 969; -verkohlung 54; -verkokung 58, 228, 806; -zone 508.
Ogle, Henry 380.
Ohio 199, 379, 771, 772, 968.
Ohny 123.
Oisedepartement 670.
Oliphant, F. H. 763.
Olive-furnace 771.
Olonetz 753.
Olpe 351.
Onions, Pet. 852; —, V. 783; —, Will. 890.
Oppenfeld, Gebr. 699.
Orban 344, 586, 683.
O'Reilly, R. 10, 66, 67, 73, 87, 88, 114, 115.
Orges, Georg 945.
Osborne, H. 277.
Osemundofen 750; -schmiede 1009.
Osnabrück 997.
Osterby 190, 418.
Ostgruppe 666.
Osthaus & Komp. 988.
Ostindien 285, 646.
Ostrau 743.
Ougrée 518, 580, 680, 685, 836, 874, 975, 976.
Outram, Ch. 141.
Ovalkaliber 616, 617, 636.
Overman, F. 388, 389, 717, 718, 764, 770.
Owen 370, 874.
Oxland, Pet. 951.
Oxyd 27.
Oxydationsraum 454; -stufe 36, 218; -zone = Verbrennungszone.

P.

Pactolus-Ofen 378.
Paket, Papetierung 624, 625, 630, 634, 876.
Pancraz, St. 906, 922, 925.
Panke 93.
Panmure, Lord 947.
Pantz, v., und Atzl 19, 50.
Panzerbatterie 877; -kuppel 878; -schiff 887, 888; -thurm 877.
Papier 144.
Paradihl-Ofen 376, 769.
Paralleldrehbank 629; -schere 640.
Paris 107, 139, 168, 337, 338, 392, 601, 674, 780, 884, 891, 898, 646, 970; — -St. Germain-Eisenbahn 548; — -Lyonerbahn 548.
Pariser Stifte 276.
Parkes 275.
Parkins, John 380.
Park-lane 964.
Parma 748.
Parry, Georg 830, 831, 859, 910; -Gasfang 519. — s. Trichter 520, 830, 961.
Pasteur, Pastor 642, 681, 682, 949.
Patent 313, 314, 897, 904, 909—912, 918, 920—925, 949, 951; -anspruch 911; -beschreibung 313, 314, 897, 911, 912; -dauer 904; -gebühr 421; -gesetz 393.
Paternosterwerk 361, 522.
Patrice 614.
Patrick, Macon 623.
Patricroft 538, 593.
Patterson 195.
Paul, Russ. Kaiser 190.
Paulinenhütte 989, 990.
Paxton, Jos. 776.
Payen 466, 514.
Pears, Jerem 197.
Pearson 216, 280.
Pease, Edward 297, 298.
Peel, Sir Rob. 306.
Peitz 339.
Pelles 741.
Pelouze 205, 328, 333.
Penn-forge 769.
Pennsylvanien 194—196, 198, 374—377, 405, 757, 758, 763, 767—770, 966, 967,
Penny 792.
Penydarran 112, 288, 303, 663.
Perigord 667.
Perkins 144, 152, 276.
Perm 190, 752.
Perrier, C. 144, 338.
Perry, B. 791; —, James 642; —, John 552—554, 779, 780, 790, 792.
Peters, Richard 848.
Petersburg, St. 99, 140, 191, 893.
Petersen und Schödler 466.
Petin und Gaudet 601, 675, 951.
Petit 41, 119.
Petrosadowsk 192.
Peyrouse, de la 80.
Pfandhöfer, Ebert 184.
Pfannenofen 593.
Pfort 433, 434, 438, 471, 500, 513, 562, 723, 724.
Pforzheim 726.
Philadelphia 198, 928, 944.
Philippi, J. A. 787.
Phönix 828, 874, 987—989, 991, 992; -ville 764; -ville-Ofen 762.
Phosphor 34—36, 44, 123, 231, 401, 933, 939.
Physik 47, 206—217, 393. 799, 800.
Pictet 213.
Pielahütte 986.
Piemont 748.
Piepenstock, Kaspar D.; —, Hermann 350, 351, 703; — & Komp. 874, 983.
Pilaren, Pilarengerüst 260, 263, 618, 619.
Pillersee 739, 834.
Pillet-Will 381, 383, 523.
Pilot-Knob 379, 772.
Pilzschiene 550.
Pine-Grove-Ofen 771.
Pine-Walzwerk 768.
Pion 927.
Pioneer - Gesellschaft 968; -Ofen 761, 762.
Pistolenröhrenapparat 821.
Pitt, W., Minister 147.
Pittsburg 198, 200, 377,

Digitized by Google

378, 669, 766, 769, 944, 967.
Plandrehbank 639.
Plant, Reuben 587.
Platin 282.
Plattenformerei 539; -weg 291.
Plattner 789, 800, 801.
Plauenscher Grund 483.
Play, Le 884.
Playfair, Dr. Lion 448, 449, 776, 790; — und de la Beche 804.
Pleſs 741.
Plons 468.
Plumsock 375.
Plymouth 663; — Eisenwerke 236, 663.
Pneumatische Presse 923.
Pönsgen 183, 710.
Polen 754, 921, 1009.
Polycarburet 220, 400.
Polytechn. Institut 399.
Poncelet 132, 133, 171.
Pontcharra 885, 971.
Pont d'Austerlitz 139; — l'Evêque 447, 452, 453.
Ponty-Mista 963; -pool 892, 961.
Poole, Moses 459, 540, 568.
Porta Westphalica 991.
Porter, G. R. 653, 657, 660, 665.
Porto novo 646, 1011.
Portugal 172, 749.
Potsdam 139.
Pott, John 196, 761.
Pottsville 196, 760, 761.
Pouillet 396—398, 442.
Powels 807, 808.
Präparierwalze = Vorwalze.
Prävali = Prevali.
Prag 105, 366.
Preise 164—170, 171, 188, 375, 658, 660, 673, 676, 695, 700, 726, 750, 772, 773, 956, 966, 1000.
Premery 555.
Prefshammer 867; -kolben 922; -torf 803.
Preuilly 87.
Preufsen 92, 175—186, 275, 338, 339, 357—359, 547, 689, 697—716, 945—947, 980—997.
Prevali 566, 567, 732, 737, 738, 813—816, 1001.
Price, David S. 797; — und Nicholson 844, 949.
Prinsep 217, 399.
Prinz Karls Hütte 480.
Privathütte 181; -werke 356, 372, 734, 1008.
Probe, trockene 36, 51.
Probenehmen 926.
Probieren 37.
Proctor, William 136.
Produktion 78, 79, 154, 156, 165, 168, 170, 180—182, 187—192, 256, 358, 359, 361, 375, 657—659, 664, 671, 673, 677, 696, 701, 708, 714—716, 721, 725—736, 740, 742—755, 759, 760, 770, 771, 837, 959, 974, 982, 983.
Profil 626, 627; -eisen = Façoneisen; -sammlung 633.
Proportion 40.
Proust 26—28, 34, 35, 38—40, 55, 56, 166.
Providence 683, 975, 978.
Puddelbetrieb 356, 368, 851; -herd 257, 258; -luppe 269.
Puddeln 259, 269, 559—587; mechanisches 865.
Puddelofen 112, 115, 116, 118, 157, 163, 183, 256—258, 336, 344, 709, 710, 729, 744, 754, 757, 764, 765, 913; rotierender 862—864; -bau 575; -betrieb 564, 582, 857; -prozeſs 5, 154, 168, 254, 271, 272, 346, 348, 707, 737, 769, 857, 860, 862, 923; -roheisen 978, 979; -rost 575; -schlacke 122, 862, 964; -stahl 349, 649, 651, 778, 783, 784, 895, 947, 975, 986, 988, 991; -stahlbereitung 883, 896—898; — und Schweifsschlacken 836; — und Walzwerk 334, 356, 374, 375, 377, 669, 698—700, 704, 710, 712, 722, 729, 732, 733, 737, 742, 779, 785, 854, 976, 985, 988, 998; -verfahren 924; -Wallas 574; -werk 664.
Puddler, mechan. 585.
Puddingstein 827, 828.
Pultfeuerung 576, 729.
Putmann 817.
Pyrenäen 850; -gruppe 671.
Pyrometer 217, 395, 396, 465.

Q.

Quadrateisen 615, 616; -kaliber 616, 636.
Quantz 31, 80.
Querschwelle 876.
Quetschwerk 589, 763.
Quincke und Osterbeck 991.
Quincy 540.
Quint-Hütte 712.

R.

Radachse 631; -bandage (Tyres) 268, 630, 631, 945.
Radmär 70.
Radreif = Radbandage.
Rachette, W. von 753.
Räderboot 145; -formmaschine 848.
Railroad-rolling-mill 960.
Rail-way 141.
Rainhill 545.
Ralston, Gerh. 590.
Rambourg 68, 80.
Rammelsberg 406, 787, 789, 791, 792, 794.
Ransko 741, 834.
Ransome, Rob. 108.
Raseneisenstein 38, 753.
Rasselstein 347, 631, 633, 711, 712.
Rastadt a. d. Murg 130.
Rastwinkel 83, 84, 508, 512.
Ratis 232.
Rauhmauerwerk 236, 238.
Rauscher 79.
Rautenkrantz 722.
Ravensworth, Lord 293.
Raymond, Phil. 769.
Read 276.
Reading 485, 970.
Reaumur 247, 533, 890, 893.
Rebecca furnace 376.
Rebenberg, Katharin v. 734.
Reckheerd 111.
Redtenbacher 449, 498, 790, 531, 844.
Reduktion 50, 222, 450, 451, 453, 454, 508, 886, 889.
Reduktionszone 508, 841.
Reeves 195.
Reformvorschlag 833.
Refudi 648.
Regenerator 817—819; -dampfmaschine 818; -feuerung 819, 851, 899.
Regensburg 997.
Regnault H. V. 398, 403, 471—474.
Regulator 233, 321, 493, 521.
Rehden, Graf v. 5, 13, 15, 92, 93, 111, 177, 182, 723.
Reibung 296.
Reichenau 558, 739, 1002.
Reichenbach, von 140, 152, 471.
Reichraming 951, 1002.
Remscheid 134, 167, 186, 706, 746, 989, 990.

Digitized by Google

Remy 347, 631—633, 711, 712.
Rennarbeit 544; -feuer 1011; -herd 122; -werk 194, 198, 747—749, 770—772, 967, 968; = Luppenfeuer.
Rennie 139, 140, 207, 211, 213, 215, 216, 307, 308, 903; — & Söhne 891.
Renton 883.
Reschitza 174, 854, 1000, 1003.
Retorte 948.
Retortenofen 812.
Reuſs 723.
Reverberierofen=Flammofen.
Reversierwalzwerk 871.
Revolution (1848) 785.
Revolver 642, 768.
Rexroth 810.
Reymond, R. W. 759.
Reynolds, W. 161, 214.
Rheinbacher Hütte 889; -dampfschiff 149.
Rheinischer Bergwerksdistrikt 709.
Rheinland 356—359, 697, 710, 713, 928, 986, 987; — u. Westfalen 713, 785, 786, 876.
Rheinpfalz 729; -preuſsen 102; -provinz 755.
Rhonitz 174, 555, 744.
Rhymney-Eisenwerk 964.
Richardson 297, 389.
Richmond 771, 967.
Richter 39, 56; —, Rob. 792, 794, 796, 838; —, Th. 789.
Richtplatte 269.
Riepe, Ewald 650, 778, 893, 896, 897.
Riepel, E. 743.
Riepl, Franz, Prof. 368.
Rieuperoux 425.
Ringpaket 631, 634; -röhrenapparat 424.
Rinman 12, 15, 17, 33, 41, 123, 424.
Riondel und Poirier 585.
Rittinger 844, 869.
Rittner, Pet. 760.
Rive-de-Gier 111, 481, 601.
Rives 170.
Riviera 748.
Roberts, Rich. 152, 640, 646.
Robertsen 140.
Robin 230, 526.
Robinson, Dr. 285.
Rochefoucault, de la 673.
Rocket 304, 305.
Roden, Rich. Brown 872.
Rödinghausen 350, 876.
Röhl 104.
Röhr, Röring & Komp. 650.
Röhren 277; -apparat 415, 417; -brücke 140; -formmaschine 847; -gieſserei 536, 539; -walzen 638, 879; -walzwerk 880.
Römheld, Julius 704.
Röper 991; — & Sohn 991.
Rösten 50—52.
Röstofen 51, 234, 235, 503, 504, 802, 803.
Röstung 802.
Rogers, Sam. Baldwin 114, 118, 255, 256, 325, 478; — Patent 961.
Roheisen 34, 35, 41—43, 212, 213, 924, 925, 960; -ausfuhr 999; -brechet 537; -darstellung 234—240; einfuhr 999, 1000; -erzeugung 821; -produktion 154, 160, 165, 168, 175, 188, 318, 319, 338, 372, 375, 664, 673, 674, 688, 696, 700—702, 708, 709, 712—714, 729, 730, 736, 748, 750, 754—760, 965, 966, 972, 974, 999, 1008, 1009; -verbrauch 745; -zoll 785, 786.
Rohgang 240.
Rohr (geschweiſstes) 153; -bruch 106; -schiene 269, 270.
Rohschiene 624 = Luppenschiene; -schlacke 250; -stahl 48, 169, 170, 717; -stahleisen 651, 708; -stahlhammer 351.
Romanzoff, Graf 140.
Romberg, v. 345.
Rommershausen 723.
Ronaes 190.
Rondelet 210, 213, 215.
Roper 808.
Roseby, John 957.
Rosenberg 271.
Roslagen 369.
Rostfläche 272.
Rosthorn, A. v. 732, 737, 738; —, Gebr. v. 566, 856; —, J. v. 543.
Rostock 741, 1002.
Rostschlagen 523, 524.
Rotbruch 122.
Rote Erde 711, 992; — Hütte 359, 428, 539.
Rothau 473, 539.
Rothenburg 480.
Rotherham 127, 874.
Rothschild, v. 743, 744; — Eisenwerke 854.
Rotierende Form 932.
Rouen 491, 532.
Royer 197.
Rozière 111.
Rudolfshütte 987.
Rübeland 419, 833.
Rüblinghausen 238, 349.
Rühren 259.
Rührer, mechan. 857, 858.
Rührwerk 864, 865.
Ründeroth 988.
Ruetz & Komp. 992.
Ruhr 6; -gebiet 349, 702, 704, 786, 806; -ort 828, 987, 988.
Rumford, Graf 52, 53, 464, 504, 802, 969; — Röstofen 734.
Rumsey 146.
Rundeisen 615—617; -ofenapparat 821.
Run steel = Flufsstahl.
Russel, John 970; —, Th. H. 638.
Russelsville 378.
Rufsland 163, 190—202, 371—373, 503, 752—754, 1008—1010.
Ruthom, John 623.
Rybnik 552, 851.
Rybniker Hütte 112, 176, 260, 265, 356, 559, 608.
Ryder 867.

S.

Saarbrücken 712; -er Bahn 993.
Saargebiet 167, 183, 355, 356, 712, 713, 805, 806, 810, 815, 987, 992, 993.
Sabathier 118.
Sablonkoff, v. 493.
Sachsen 357, 426, 721, 722, 853, 986, 997.
Sächsische Fürstentümer 722; -Thüring. Berwerk-Direktion 701.
Sägewerk 628.
Sälzer und Neuack 705.
Saint Léger 531.
Saint Etienne 167 (s. Etienne, St.).
Salisbury-Distrikt 375.
Salm, Fürst 743.
Salzburg 739.
Salzsäure 138.
Sandars 300—302.
Sanderson, Charles 542, 624, 647, 860.
Sandherd 259; -kern 103; -formerei 103, 104, 246.
Sankey-Viadukt 303.
Saône et Loire 669.
Sardinien 748.
Sargadelos 749.
Sattel 618.
Sauerstoff 24, 25; -gehalt 43; -verbindung 26.
Saulnier 143.
Saunderson, 798, 926, 951.

Digitized by Google

Saussure 63.
Sauvage 469, 470, 472, 527.
Savannah 148.
Savery 144, 285.
Savoyen 748.
Sayn 709; -er Hütte 238, 239, 427, 495, 534.
Schabotte 597.
Schabus 792.
Schacht 822, 823; -futter 564; -mantel 238, 826, 827; -röstofen 882; -umreifung 826.
Schäfer, Hütteninspektor 239.
Schäffer 427.
Schäffler 831.
Schaffhausen 132.
Schafhäutl 254, 400—402, 585, 586, 644, 665, 670, 728, 792, 794, 796, 797, 858; -s Pulver 585, 586, 898.
Schafzahl 152, 276.
Schaleneisen 119.
Scharnhorst 179.
Schaufelrad 146.
Schaumburger Ofen 477, 478.
Schedewitz 130.
Schedl, Karl 740.
Scheffield 646 = Sheffield.
Scheibenkupplung 608; -reifsen 129.
Scheibs 740.
Schelifsnig 898.
Scheerer, Theod. 13, 388, 401, 446, 447, 454, 455, 465—467, 470—472, 474, 475, 486, 487, 498, 500—502, 508—511, 515, 527, 787, 792.
Scherenfabrikation 137.
Scherl 269.
Scheuchenstuel, v. 458, 459, 460, 486, 570, 735.
Schickler, Gebr. 178.
Schiebebühne 871.
Schiebergebläse 816, 817, 978.
Schiene 141, 295.
Schienenende 680; -einfuhr 966; -fabrikation 631, 711, 744, 766; -flicken 629; -fufs 623; -kaliber 626, 627; -kopf 623; -profil 550, 626, 627; -richten 638; -säge 628; -stuhl 617, 550, 622, 623; -walzen 267, 621; -walzwerk 6, 326, 627—629, 703, 704, 711, 737, 738, 743, 744, 758; -weg 287.
Schiefsversuche 877.
Schiff (eisernes) 142; -sbau 142, 660, 767, 970; -sblech 879; -skette 153, 277; -schraube 145, 640.
Schindler 64, 65.
Schinz, C. 789, 800, 832, 857, 928.
Schlacken 35, 39, 49, 225, 226, 241, 800, 801, 923; -analyse 405, 406; -bad 899; -bildung 47, 49, 50, 233, 234, 236, 249, 406, 452; -frischen 270, 857, 941; -herd 581, 583; -puddeln 254, 259, 583, 584, 586; -wagen 525, 826; -ziegel 105.
Schlagprobe 629.
Schlegel, Direktor 855.
Schlegl, Ant. 648; —, Müller und Mayr 648.
Schleicher, Karl 952.
Schleiden 710; -thaler Arbeit 251.
Schleppwalze 618, 619; -zange 638.
Schlesien 89, 104, 139, 177, 356—359, 460, 543, 563, 698, 743, 744, 843, 983, 985.
Schleusingen 988.
Schlichtkaliber, -walze 614, 616, 617.
Schmalkalden 544, 724.
Schmelzen 49—52.
Schmelzprobe 360; -punkt 396, 397, 840; -resultat 81; -temperatur 47.
Schmelzung 451.
Schmelzverlust 245; -versuch 49; -zone 452, 510, 841.
Schmerber 602.
Schmiedbarer Gufs 108—110, 247, 331, 539, 677, 894.
Schmiedeberg 986.
Schmiedeeisenabfälle 121 = Schrott; -bereitung 850—864; -brücken 309; -produktion = Stabeisenproduktion; -räder 295.
Schmiedehammer 867; -maschine 641, 867.
Schmidt, Ed. 348; —, Frz. Kor. 649; —, G. G. 497; —, J. G. 351.
Schmolder 133.
Schneckengebläse 493.
Schneeberg 721, 722.
Schneider 594, 596; —, H. W. 783; —, Hanay & Komp. 837, 957; —, Gebr. & Komp. 675, 676, 970.
Schneidewerk 882.
Schneidnägel 196.
Schneid- u. Walzwerk 195—198.
Schnellwalzwerk 876, 880, 881.
Schöller, Alex. 706.
Schönberger, Dr. P. 197, 378, 396, 767, 771, 967.
Schöpfherd 97, 512, 513, 529, 844.
Schottische Hochöfen 514.
Schottland 159, 160, 318, 319, 321, 421, 423, 652, 654, 657, 659, 803, 826, 831, 956, 957, 965.
Schraubenboot 640; -gebläse 233; -schiff 145; -schneidemaschine 106, 639; -stellung (s. Walzen) 617, 619.
Schrott 121.
Schübler 833.
Schüttelprocefs 923, 924.
Schule 688.
Schultze-Hochofen 988.
Schulwesen 205.
Schutzzoll 160, 273, 323, 327, 673, 676, 690, 695, 700, 702, 732, 786, 1010.
Schwalfeuer 558.
Schwamkrug 498.
Schwanzhammer 139.
Schwarz 226; -blech 618, 712; -brennen 636; -burg 723.
Schwarzenbach 737.
Schwarzenberg, Fürst 722, 734, 736.
Schwarzkohle 55.
Schwarzwald 365.
Schweden 122, 139, 163, 187—190, 202, 271, 368—371, 410, 429, 503, 552, 553, 750—752, 789, 835, 850—852, 862, 891, 929, 935—943, 1006—1008.
Schwefel 44, 221, 792, 797, 933, 939.
Schweigger 10.
Schweifseisen 3, 541—544, 780; -ofen 116, 121, 270, 568; -ofenbetrieb 565, 567.
Schweiz 568, 747.
Schwellen 141.
Schwertschmied 909.
Schwind, v. 817.
Schwindung 217.
Schwungrad 606.
Sclessin 483, 650, 683, 783, 975, 976.
Scotsch Society of Arts 935.
Seranton 769.
Serivenor 164, 325, 389, 656.
Seddler 310.
Seebeck 216.
Seeerze 753.
Seelenrohr 539.
Sefström 371, 436, 437.
Segmentstab 631.
Seguin 209, 211, 215.
Seilmaschine 638.
Selbstkosten 322; -umsteuerung 871.

Digitized by Google

Selby, John & Komp. 880.
Selby und Jones 780.
Sellers und Lawrence 772.
Senglerblech 782.
Sensen 898; -fabrikation 167, 365, 678.
Senuc 559.
Sepulehre 972.
Seraing 5, 202, 339—343, 447, 483, 489, 496, 532, 537, 579, 580, 619, 628, 629, 679, 681, 682, 684, 685, 782, 783, 897, 949, 975, 976.
Sesia 167.
Sefsler, v. 736, 895; —, J. Erben 650.
Sestrabeck 373 = Sisterbeck.
Setzsiebhydrant 976; -wäsche 483.
Seurin St. sur l'Isle 951, 971.
Shade furnace 198.
Sharp 639, 640.
Shaw, Mc. Francis 196.
Sheffield 158, 847, 897, 899, 906, 925, 932, 935, 939, 942, 943, 951, 952.
Shima Works 542.
Shortridge, Howell u. Jessop 952.
Shropshire 156, 318, 319, 320, 659.
Shuykill 196, 760, 761.
Sibirien 191.
Sicherheitspfanne 538, 593; -schlofs 278.
Siebenbürgen 174, 175, 745.
Siegburg 985.
Siegen 351, 707, 708, 947, 985.
Siegerland 351, 707, 708, 778, 896, 987, 988, 990, 991.
Sieghütte 709.
Siemens, Friedr. 818, 819, 899; —, Werner 818; —, Will. 817—820; -feuerung 851; -ofen 899.
Silber 45; -naaler Hütte 360, 364; -stahl 282.
Silicium 29, 44, 221, 222, 240, 249, 282, 401, 796, 861, 941.
Silikat 223, 250, 801.
Sinner Hütte 725.
Sire, Victor 436—456, 462.
Sionne 578.
Sir Henry 677.
Sisterbeck 372.
Situationsplan 523.
Skandinavien 750—752.
Skebo 190, 271, 370.
Slate, Archibald 817.
Slater, James 818.
Slatoust 893.
Smart, James 148.
Smet 810.
Smith, Harold 683, 685; —, Robert 623; — & Son 138.
Sobolowsky 999.
Société d'Emulation 337; — d'enouragement 123, 134, 167.
Sodaverfahren 944.
Soemmerda 947.
Sohlenheizung 808; -kanal 806, 807; -werk 609.
Sohlwerk 603.
Solingen 167, 186, 539, 609, 706, 946.
Sollinger Hütte 138, 359—362, 364, 551, 651, 717.
Sommorostro 887, 971.
Sondrio 747.
Sonnenschein 793.
Sonntagsruhe 771, 965.
Sonthofen 417, 729.
Sophienhütte 700.
Sortiermaschine 885.
Soufflot 207, 210.
South-Easton 768.
Southall 587; -field 194; -warkbrücke 140.
Spanien 172, 391, 748, 749, 892, 1010.
Spannagel 882.
Spannung 840.
Spateisenstein 37.
Spaten und Schaufel 634.
Specifisches Gewicht 41, 53, 54, 216, 227, 228, 393, 475.
Specifische Wärme 398.
Speisewalzen 870.
Spence, James 870, 897, 900.
Spencer & Sohn 892.
Spiegeleisen 778, 794, 795, 930.
Spiefsglanz 45.
Spindel 917, 918.
Spitzbogenkaliber 611.
Spreybrücke 308.
Sprockhövel 983.
Spurkranzeisen 630.
Squeezer 591.
Staatsbahn 546, 679, 680, 692.
Staatseisenbahn-Gesellschaft, K. K. 1003.
Stabeisen 43, 982 = Schmiedeeisen; -ausfuhr 1008; -bereitung 110—128, 161, 544; -erzeugung 657, 739, 741, 747, 750, 752, 995, 999, 1007; -fabrikation 702; -giefserei 783; -produktion 673, 713, 715, 716, 725, 729, 730, 754, 755, 759, 760, 772, 773; -walzwerk 264, 265, 604.
Stabhammer 138; -walze 263.
Stadel 478.
Ständer 260; -gerüst 260, 263, 613.
Staffelwalze 873.
Staffordshire 156, 157, 253, 257, 270, 318—322, 411, 419, 512, 534, 659, 662, 957, 964; -apparat 411.
Stafsjö 1007.
Stahl 22, 30, 42, 43, 212, 715, 777, 798, 982, 988, 1007; —, deutscher 130; -arbeiter 167; -bereitung 128—136, 278—285, 882—901; -berg 724; -bildungsmittel 798; -brennofen 186; -erzeugung 973; -fabrikation 169, 199, 380, 642—651, 677, 687, 702, 782, 901; -flammofen 736; -formguls 849; -frischen 643; -frischfeuer 169; -frischherd 128; -geschütz 946; -guls 325, 949; -härtung 280; -hütte 170, 184; -kopfschiene 624; -legierung 281; -ofen 200; -perlen 138; -produktion 677, 678, 713, 730, 754, 755; -puddeln 643, 648, 650, 691, 709, 882, 896, 899, 900; -puddelofen 898; puddelwerk 989; -schiff 952; -schmidt 838; -schmuck 137, 138; -schreibfeder 138, 642 952; -sorte 920, 996; -tyres 875; -verwendung 136; -warenfabrik 138; -werk 739, 744, 745, 932.
Stains 139.
Sta. Ana de Bolueta 1010.
Stangeneisen = Stabeisen.
Stangenstahl 129.
Stanhope 763.
Stanley, Lord 302.
Stanzmaschine 639.
Starbäck 225.
Statistik 165, 170, 175, 181, 186—189, 192—194, 317, 318, 332—335, 344, 358, 359, 364, 372, 374, 375, 388, 657, 660, 661, 665, 666, 671—673, 677, 678, 687, 688, 696, 708, 713, 728, 730, 731, 735, 742, 754—756, 954, 958, 959, 966, 970, 972—975, 982.
Statuenguls 96.
Stecknadelfabrikation 277; -maschine 642.
Steele 345.
Stegschiene 141.
Steiermark 79, 173, 366, 390,

Digitized by Google

570, 733—736, 802, 803, 943, 1000, 1001, 1003.
Stein, v., Minister 16, 19, 346, 692, 804. — & Göring 985; -bacher Hütte 724; -beck 14; -beis, Dr. 828, 948; -biel 174; -brücker Hütte 725.
Steinkohlen 55, 56, 102, 227, 228, 230, 474, 658, 715, 757, 758, 763, 772, 804, 1000, 1009; -betrieb 3, 166, 329, 344, 348, 355, 356, 565, 666, 691, 702, 729; -Eisenindustrie 785, 786, 832; -förderung 712; -frischen 110, 111; -gebiet 322; -hochofen 409, 447, 485, 526, 823; -puddeln 711; -revier 670; -roheisen 535; -theer 60; -wäsche 483.
Steinrenner Hütte 359.
Stellschraube 262, 263.
Stempelhammer 867.
Stenfeld 271.
Stengel 643, 648, 649, 651, 708, 949.
Stentz 957.
St. Stephan 460, 570, 572, 735, 838, 840.
Stephenson 144, 305, 306, 588; —, Georg 266, 291—304, 545, 546, 679, 686; —, Robert 269, 291, 292, 301, 304, 395, 550, 631, 799; —, & Komp. 298, 304.
Sterkrade 68, 703, 704, 987.
Sterling-Werke 200.
Sternberg, Graf 889; —, Graf Kaspar 367; —, Graf Zdenko 1002.
St. Etienne 478, 483.
Steuerverein 689, 981.
Stevens, J. 147; —, Rob. L. 550, 766, 877.
Stevenson, G. 6, 326.
Stewart 847.
Steyr 898.
Stichherd 349, 513, 529 = Schöpfherd.
Stickstoff 644, 797, 798; -eisen 223.
Stieringen = Stiringen.
Stilarsky 104.
St. Ingbert 355, 356.
Stiringen 828, 972, 993.
Stirling, J. D. Morries 540, 782, 845, 949, 950; —, Rob. 818; metall 540, 782, 845.
Stirnhammer 138, 259, 260, 588, 610.
Stockenström 188.
Stockher 841; -holm 370, 371.
Stockton-Darlingtonbahn 266, 267, 297—299.
Stodart 216, 222, 280—284.
Stöchiometrie 39, 40.
Stolberg-Wernigerode 701, 985, 991.
Stoltz 641.
Storch 752.
Storé 836.
Straits-Creek 379.
Streckwalzen 610—616, 619.
Strimbul 744.
St. Roc (Roche) 343, 344.
Stromeyer 29, 218, 224, 401.
Strukturveränderung 799.
Stückofen 122, 175, 544, 1009.
Stünkel jun., J. S. 31, 32, 129, 362.
Stuhlschiene 622.
Stumm, v., Gebr. 183, 184, 356, 713, 880.
Sturz, Sturzwalzwerk 635.
Substitution 795.
Sudetenländer 733—740.
Süd-Carolina 199, 373, 758.
Süddeutschland 365.
Süd-Karolina = Süd-Carolina.
Südost-Gruppe 668.
Süd-Wales 115, 154, 155, 257, 317—321, 552, 553, 655, 659, 662, 663, 780, 823, 957, 961; -Frischschmiede 162, 559.
Südwest-Gruppe 670.
Suhl 701.
Sulzbach 808—810.
Sundwiger Hütte 987.
Supplementwalze 872.
Support 150.
Sussex 318.
Svanberg, L. 402—405.
Svedenstjerna, E. Ph. 20, 24, 107, 112, 121, 117, 118, 190.
Swank, J. W. 194, 759, 966.
Swansea 238, 526, 656.
Swedenborg 467, 582.
Swift 348.
Sydenham 776.
Sykes & Komp. 371.
Symington, W. 144—146, 256.

T.

Talabot 813; — und Stirling 950.
Tangerhütte 834.
Tanne 428.
Tarif = Zolltarif.
Taw-haw.
Taylor, Phil. 239, 425, 436, 674; —, W. 256, 864; —, de Lunont 422, 423.
Teagne, Moses 435.
Technisches Institut 313.
Teer 128.
Teichhütte 363, 720.
T-Eisen 588, 632, 633.
Telegraph 768.
Teleskopenapparat 830.
Telford, Thomas 207, 211, 212, 307—309, 631.
Temeser Banat 1003.
Temperatur (im Hochofen) 452.
Tempern 136.
Tennessee 378, 771.
Teploff 499, 753, 754.
Teral 490.
Terre noire 476, 510, 560, 626.
Tessié du Motay 857, 899.
Teutonia 991.
Texas 969.
Tham 70.
Theisholz 744, 1002.
Thenard 27, 55, 226.
Theorie 39, 40, 42.
Thiergarten 574, 726.
Thiers 331.
Thirria 891.
Thoma 753.
Thomas, David 762; —, Cumming 950; — Eisengesellschaft 763; — und Laurent 519, 520, 568, 574, 578, 675, 816, 817, 878.
Thomée, Fr. 351, 543, 574, 732, 876; —, H. 881.
Thompson, Jones B. 764, 767.
Thomson, John 55, 148, 242, 279, 280, 326, 645; — & Komp. 663.
Thoneisenstein 38, 224; -erde 48; -erdesilikat 801; -formen 920; -tiegel 98, 905, 906.
Thorneycroft, G. R, 590, 624, 625, 875.
Thüringen 857.
Thüringer Wald 722.
Thun, Graf 138.
Thundergust-forges 771.
Thury, Hericart de 283.
Thurn, Graf v. 571, 737.
Tiefenstein 726.
Tiegel 130, 131, 135, 136, 912, 914, 920; -guſs 98, 243; -Guſsstahl 883, 896, 948; -Guſsstahlwerk 1001.
Tiegelschmelzofen 98, 352.

Digitized by Google

Tiemann, W. F. 10, 20, 22, 131.
Tingle und Sugden 767.
Tirol 429, 739, 1002.
Titan 46, 952; -erz 900.
Tividale-Eisenwerk 858.
Todt, Thomas (Pat.) 874.
Töpper, Andr. 366, 740.
Tonnengebläse 232.
Tooth, W. H. (Pat.) 865.
Torf 55, 471, 534, 730, 803, 834; -darren 472.
Torfgas 641, 535, 575; -feuerung 856; -generator 727; -puddelofen 698; -puddelofen 698; -puddelwerk 855, 856.
Torfkohle 559; -koks 804; -presse 804; pressen 472; puddeln 271, 357, 565, 566, 727; -verkohlung 326, 472.
Torpedo 147.
Torteron 425, 477, 487, 526.
Toskana 747.
Tower, Jonas 969.
Tomnsend, Pet. 200; — & Ko. 532.
Trägerwalzwerk 992.
Trageisen 505.
Traisen 109, 248.
Tram-way 141, 287.
Transportkosten 322.
Tredegar 155; -gesellschaft 771; -hütte 871.
Tredgold 207, 209, 210, 212, 214—216.
Treibach 737, 784.
Treibofen 560.
Tremic 676 = Gichtgasfang.
Trenton 766.
Treppenrost 851, 853, 854; -feuerung 802.
Treverary 568.
Trewithick, Rich. 143, 287 — 289, 291.
Trexler, Reuben 376.
Treybach 87, 173, 174 = Treibach.
Trio, Triowalzwerk = Dreiwalzwerk.
Triogerüst 962; -walzwerk 872.
Tripstadt 729.
Trockenkammer 102; -ofen 536; -puddeln 116, 259; -regulator 233, 321.
Trocknen 53.
Troilus 934, 936.
Trommel 881.
Troy 195, 375.
Trumann & Komp. 198.
Truran, W. 787, 815—817, 823—825, 831—835, 877, 926, 973.
Truppacher Hütte 700.
Truvia 1010.
T-Schiene 766.
Tümpelkühlung 832.
Türk 861.
Türkei 1011.
Tula 372.
Tulle 332.
Tunner, Pet. 387, 389—391, 451, 490, 496, 497, 531, 533, 550, 643, 648, 736, 788, 789, 794, 803, 824, 829, 833, 837—841, 849, 875, 804, 887, 892—894, 879, 897, 898, 929, 935, 936, 938, 941, 943, 948 —950, 1000, 1001, 1046.
Tuper und Mc. Cowan 200.
Turrach 525, 734.
Turton 891; — und Söhne 770.
Tyndall 276, 326, 641.
Tyne Eisenwerk 424.
Tyres 268, 630, 781, 874, 875, 897, 898.

U.

Uchatius, Franz 404, 890, 891, 893, 949; -stahl 890, 892.
Übergaren 920; -heben 613, 869, 870; -hebevorrichtung 869, 870, 878, 879; -hitze 577; -produktion 695; -wölbter Frischherd 552, 555, 557.
Uetterlingses 876, 881.
Uhr, af 271, 272, 751.
Ullgren 792, 973.
Ulverstone 783.
Umschmelzen 97, 100, 243.
Ungarn 174, 175, 744, 745, 856.
Unger, v. 719.
Unieux 897.
Union-Ofes 197; -rolling mill 377; -walzwerk 874.
Universalwalzwerk 634.
Unna 649.
Unterbau 876; -kochem 187, 365, 551; -lind 565; -suchung, chem. 860, 926; -suchungsmethode 792; -walze 612, 614, 619; -wind 233, 325, 375, 577, 852.
Unwin 641.
Upton-Eisenwerk 309.
Ural 850.
Uslar 122, 681.

V.

Vagie 401.
Vajda Hunjad 745.
Valdauer, Marcel de 892.
Valerius 382, 384, 385, 489, 490, 497, 523, 534, 577, 590, 602, 604, 624, 625, 630, 787.
Valley-furnace 760.
Vandenbrock 113, 114, 135, 273, 648.
Vandermonde 600.
Vaughan 779.
Vauquelin 28, 34, 35, 38, 166, 224.
Vautier und Libour 816.
Veckenhagen 433, 437—439, 440, 513, 562, 733, 734.
Venedig 747.
Ventilator 490—492; -gebläse 844.
Verankerung 236; -brauch 163, 375, 731, 746, 958, 982.
Verbrennung 62—75, 465.
Verbrennungsapparat 403; -produkt 430; -temperatur 432, 501; -wärme 466; -zone 510.
Verdié et Comp. 951.
Verein 389; — für Eisenhüttenwesen 791.
Vereinigte Staaten 193—200, 373, 540, 548, 549, 641, 757—773, 791, 882, 928, 944, 953, 954, 965—970.
Verein zur Beförderung des Gewerbefleifses in Preufsen 206, 275, 942.
Vergennes-Eisenwerke 195.
Verkohlung 54.
Verkohlungsöfen 226.
Verkoken 56, 57, 319, 337, 476.
Verkokung 481. — Koksfabrikation; -öfen = Koksöfen.
Verlagsgeld 362.
Vermont 195.
Vernon-Ofen 196.
Versand = Ausfuhr.
Versuche 905, 928, 930.
Versuchsofen 937.
Verunreinigung 795.
Verviers 689.
Verwandtschaft 39.
Verzinken 636.
Vesuvius-Ofen 771.
Vezin-Aulnoye 972.
Vickers, W. 646.
Victoria 149; —, Königin 776, 777; -Werke 952.
Vienne 234, 316, 328, 329, 409, 423, 425.
Vierkanteisen 616.
Viertelcarburet 793.
Vierzon 330, 589, 674.
Vignoles, Charles 303, 623.

Digitized by Google

Vignolschiene 550, 622, 623, 766.
Villefosse, Héron de 19, 20, 69, 72, 74, 76, 80, 81, 113, 118, 139, 165, 166, 175, 205, 206, 329, 331 — 333, 335, 336, 362, 363, 382, 656.
Villeroy, Pièrre 166.
Vincent, St. 169.
Vinci, Lenardo da 592.
Virginia 967.
Vismara 279.
Vivian, Andr. 143, 287.
Vizille 230, 516.
Voigt 182.
Vollendwalzen 614—616, 619 = Fertigwalzen.
Voltz 426.
Vorbereitungszone 841.
Vordernberg 391, 803; -er Radwerks Kommunität 733, 734.
Vorfrischen 915; -glühherd 554, 558, 576; -herd 88; -rollen 525.
Vorster, David 783.
Vortrag 940; -trichter 846; -wärmen 255; -wärmherd 968; -wärmzone 506; -wärtshütte 803, 906.
Vorwalze 263, 264, 635, 880; -walzen 610, 613, 615, 616, 619.
Vofs 181.
Voulte, La 316, 409.
Vulkan 991.

W.

Wachler, J. J. F. 11; —, L. 388, 426, 427, 429, 434, 513, 551, 788.
Wachsform 104.
Wackler 490.
Wärme 216, 394, 397, 398; -bedarf 442; -bildung 433; -effekt 453, 487 (absoluter) 472, 474, 475; -(pyrometer) 432, 465 — 467; 472, 475, 500; -einheit 430, 464; -entwicklung 906; -erzeugung 408; -menge 231, 465; -messung 217, 839; -ökonomie 832, 851; -ofen 581; -verbrauch 980; -verteilung 838; -verlust 442.
Waern, F. C. 552, 553.
Waffenfabrikation 167, 175, 178, 183, 186, 679; -fabrik 200.
Wagenfederwalze 280.
Wagner 460, 802; —, Franz von 853; —, Rud. 790.
Wahlverwandtschaft 39.
Wahrendorf 947.
Wald 134.
Waldau 105.
Waldeck 723.
Waldenburg 58.
Waldmichelbacher Hütte 724.
Waldrich H. und A. 709.
Wales 424.
Walker 635; —, B. P. 863, 864; —, Thomas 871; —, Eisenwerk 158, 542.
Walkinslow, Rob. 623.
Wallonen 711.
Wallstein 832, 964.
Walter de St. Ange 382—385, 481, 491, 525.
Walzblechfabrikation 634; -draht 636; -drahtfabrikation 800.
Walzen 116, 374, 588, 609, 617, 921; -furchen 626; -gerüst 260, 261, 602, 615, 619; -kaliber, -kalibrierung 610; -kühlung 615; -segment 921; -ständer 609, 618; -stellung 617, 618; -strafse 605; -umdrehung 614, 619; -umlaufsgeschwindigkeit 261, 265; -zapfen 609, 618, 619.
Walzhütte 605, 682; -industrie 587; -verfahren 272.
Walzwerk 120, 121, 124, 166, 195, 196, 198, 259, 260, 330, 369, 377, 378, 550, 588, 602, 617, 636, 687, 710, 740, 764, 765, 768—772, 869, 874—876, 968, 978, 1010.
Walz- und Schneidewerk 172.
Walzwerksgrundplan 638; -industrie 666; -maschine 629.
Wania, Joh. 367.
Ward, E. 968.
Warmwindapparat 409, 521.
Warren, James 863, 864.
Warrior 878.
Warstein 704.
Waschen der Erze 502; — der Kohlen 488.
Washington-Ofen 196.
Wasseralfingen 96, 187, 365, 366, 412, 414, 416, 417, 426, 456, 461, 494, 515, 561, 562, 568, 574, 727.
Wasseraufzug 522, 978; -dampf 451, 454, 527, -form 113, 414, 423, 495; -gebläse 68; -hammer 138; -kühlung 528, 832, 964; -puddeln 582; -radbetrieb 605; -rad-Walzwerk 603; -regulator 67, 321; -säulengebläse 232; -stoffgas 527; -trommel 199; -trommelgebläse 68, 967; -tümpel 528.
Watson und Presser 944.
Watt, James 4, 142, 149, 285—287, 541, 591, 944.
Watt und Boulton 107.
Wattsche Gebläsemaschine 488, 489.
Weardale 940.
Weber 394, 894.
Weberling 566.
Wedding, Bauinspektor 182, 699; —, Dr. Hermann 570, 699, 890, 910, 942, 960; -ofen 699.
Wedgwood 47; —, Pyrometer 217.
Wednesbury 638.
Wehr 726.
Weiherhammer = Weyerhammer.
Weilersbach 184.
Weisbach, J. 790, 820.
Weifsarbeit 561; -blech 498, 879; -blechfabrikation 127, 167, 275, 337, 618, 702, 961; -eisen 561.
Weifsen, Weifsmachen 251, 560.
Weifsofen 560, 562, 567.
Weitbrecht, Konr. 365.
Wellblech 635, 780, 879, 964.
Wellington, Herzog v. 306.
Weltausstellung 393, 774 — 778, 784 — 786, 804, 845—849, 871, 879, 884, 891, 946, 953, 969, 970, 1009.
Welter, Weltersches Gesetz 231, 465, 487.
Weltproduktion 954, 955.
Wendel, de 506, 675, 807, 810; —, François 166, 327, 328; —, Martin 183.
Weniger 508, 788.
Werkzeug 882; -fabrik 768; -fabrikation 960; -maschine 149—153, 593, 594, 639; -stahl 925, 940.
Wermeland 370.
Werner 55; —, C. F. 988.
West-Bromwich 880.
Westfalen 344 — 353, 358, 359, 778, 779, 802, 816, 817, 821, 876, 895, 928, 983, 986—988, 990.
West-Point-Giefserei 768.
West-Virginien 771.
Wetter 345, 348, 349, 989.
Weyer 739.
Weyerhammer 565, 729, 730, 834.
Wheeling 771, 967.
Whithambrücke 139.

Digitized by Google

Digitized by Google